

Laura Leiniö

VIREYSTILA JA SEN MITTAAMINEN

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tieto- ja viestintätekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2018**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Kesäkuu 2018	Tekijä/tekijät Laura Leiniö
Koulutusohjelma Tieto- ja viestintätekniikka		
Työn nimi VIREYSTILA JA SEN MITTAAMINEN		
Työn ohjaaja Kalle Myllykangas	Sivumäärä 39	
Työelämäohjaaja Jari Isohanni		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää vireystilan mittaamista ja vireystilaan vaikuttavia fysiologisia tekijöitä. Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Biline-hankkeen kanssa, joka toimi myös työn toimeksiantajana.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kirjoituspöytätyönä. Lähdeaineistoa oli runsaasti, pääasiassa aihepiiriin liittyviä tieteellisiä tutkimuksia ja julkaisuja. Fysiologiaan ja anatomiaan liittyvissä aiheissa myös alan oppikirjoja käytettiin lähdeaineistona.</p> <p>Opinnäytetyöstä muodostui poikkitieteellinen läpileikkaus vireystilasta ja vireystilan mittaamisesta. Työ koostettiin kolmesta osasta: Ensimmäinen osa esitteli Biline-hankkeen toimeksiantajana, hankkeen tavoitteita ja tarkoitusta. Ensimmäisessä osassa selitettiin myös, mitä tarkoittaa digitaalinen turvallisuustieto, sekä esiteltiin hankkeen kanssa yhteistyössä toimivaa suurteollisuusaluetta Kokkola Industrial Parkia. Toinen osa käsitteli vireystilaa fysiologisesti. Opinnäytetyön kolmas osa koostuu työhön valittujen mittausteknologioiden tarkemmasta tutkimuksesta.</p> <p>Mittausteknologioiksi valikoituvat aivosähkökäyrää mittaava SmartCap -teknologia, sekä sykeväli-vaihtelua mittaava Firstbeat-hyvinvointianalyysi. Lisäksi lopussa on esitelty lyhyesti muita kiinnostavia mittausten menetelmiä: lihasaktiivisuuden mittaaminen ja ihon sähkönjohtavuuden mittaaminen.</p> <p>Johtopäätöksissä on tekijän omia havaintoja tutkimuksesta, käytetyn lähdeaineiston luotettavuudesta sekä tutkittujen asioiden käytettävyydestä vireystilan mittaamisessa.</p>		

Asiasanat

Biomekaniikka, digitaalinen turvallisuuskuva, hyvinvointi, työturvallisuus, vireystila, vireystilan mittaaminen

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date June 2018	Author Laura Leiniö
Degree programme Information and Communication Technology		
Name of thesis VIGILANCE AND MEASURING THE ALERTNESS		
Instructor Kalle Myllykangas		Pages 39
Supervisor Jari Isohanni		
<p>The aim of this thesis was how to measure the state of alertness and the physiological factors affecting the alertness. This thesis was executed in co-operation with the Biline project, which also served as the client of the work.</p> <p>This thesis was carried out as a desk research. The amount of the sources was comprehensive, mainly related to scientific research and publications. In subjects related to physiology and anatomy, textbooks in the field were also used as source material.</p> <p>The thesis consisted of a multidisciplinary cross-section of the alertness and the measurement of the vigilance state. The work was divided into three parts: The first part presented the Biline project as a client of this thesis, the purpose and objectives of the project. The first part also explained the meaning of the digital security image and the Kokkola Industrial Park as a co-operator with the project. The second part discussed physiologically the alertness. The third part of the thesis consists of a more detailed study of selected measurement technologies.</p> <p>The selected measurement technologies were the SmartCap technology, which measures the brain electrochemistry, as well as the Firstbeat analysis, which measures the heart rate variability. In addition, other interesting measuring methods are briefly presented at the end: measuring muscle activity and measuring the electrical conductivity of the skin.</p> <p>Conclusions include author's own observations on research, the reliability of the source material used as well as the usability of the investigated technologies.</p>		

Key words

Biomechanics, digital security image, occupational safety, state of alertness, vibration measurement, vigilance measurement, welfare

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

EEG	Elektroenkefalografia, aivosähkökäyrä
EDA	Electrodermal activity, ihon sähkönjohtavuus
EKG	Elektrokardiogrammi, sydänsähkökäyrä
FPG	Fotopletysmografia, veren virtauksen määrän mittaaminen optisesti
GI	Glykeeminen indeksi, ruoka-aineen imeytyvien hiilihydraattien vaikutus verensokeriin
HRV	Heart Rate Variability, sykevälivaihtelu
OSLER	Oxford Sleep Resistance test, hereilläpysymistutkimus
REM	Rapid Eye Movement, unen vaihe
ROC	Receiver Operating Characteristic, ROC-käyrä, jatkuvan muuttujan raja-arvojen analyysityökalu

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 ALUKSI	1
2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TOTEUTUS	3
3 BILINE-HANKE	4
3.1 Digitaalinen turvallisuustieto.....	5
3.2 Kokkola Industrial Park.....	6
3.3 Maantiekuljetukset ja raskas liikenne.....	7
4 VIREYSTILA JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	9
4.1 Verenpaine.....	11
4.2 Uni.....	11
4.3 Ravinto.....	13
4.4 Liikunta	14
4.5 Työ	15
4.6 Mieli	16
4.7 Vireyden anatomiaa	17
5 VIREYSTILAN MITTAAMISEN TEKNOLOGIOITA	20
5.1 Aivosähkökäyrän mittaaminen.....	20
5.1.1 SmartCap-teknologia.....	21
5.1.2 Tutkimukset.....	22
5.2 Sykevälivaihtelun mittaaminen	25
5.2.1 Firstbeat-hyvinvointianalyysi.....	27
5.3 Muita mittausmenetelmiä	29
5.3.1 Optiset mittausmenetelmät	29
5.3.2 Elektromyografia.....	30
5.3.3 Ihon sähkönjohtavuuden mittaaminen.....	31
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	32
7 LOPUKSI.....	34
LÄHTEET.....	36
LIITTEET	

KUVIOT

KUVIO 1. Kuorma-kuormittuminen -malli	9
KUVIO 2. Toistuvan unisyklin vaiheet	12
KUVIO 3. Vireystila – valenssi -avaruus	16
KUVIO 4. Hyvinvoinnin ja vireyden osatekijöiden vaikutukset toisiinsa.....	19
KUVIO 5. Hermoston tila ja HRV	27

KUVAT

KUVA 1. BILINE-hankkeen rakenne	4
KUVA 2. Digitaalinen turvallisuustietonäkymä BILINE-hankkeen mukaan.....	6
KUVA 3. SmartCapin rakenne, otsanauhaan ommellut elektrodisaumat sekä prosessori	22
KUVA 4. R-R intervalli EKG-käyrässä, peräkkäisten sydämenlyöntien vaihtelu.....	26
KUVA 5. Firstbeat-analyysissä käytettävä Bodyguard 2 -mittalaitteen rakenne.....	28

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Hermoston säätelymekanismit	18
TAULUKKO 2. Aivosähköaaltojen muoto, frekvenssi ja esiintyminen	21

1 ALUKSI

You can't control what you can't measure.

–Tom DeMarco

Muistan peruskoulun ensimmäisiltä luokilta erään ihmistä käsittelevän ympäristöopin tunnin, jolloin pohdimme yhdessä, mitä kaikkea ihmisessä voi mitata. Silloin emme päässeet pituutta ja painoa juuri-kaan pidemmälle, ja keuhkojen tilavuutta mittaava spirometri edusti mitä edistyneintä "high-techia". Niistä ajoista 90-luvulta on tultu pitkälle. Kukapa meistä tiesi silloin, että tulevaisuudessa omaa kehoaan voi mitata mitä pienimmillä ja langattomilla rannekeilla, kelloilla ja sensoreilla, jopa ihan kotona. Teknologia mahdollistaa äärettömän monipuoliset mittausten menetelmät, joten miksipä sitä dataa ei valjastaisi myös hyötykäyttöön ja työympäristöjen turvallisuuden ja terveellisuuden parantamiseen. Nyt 20 vuotta myöhemmin tapasin Biline-hankkeen silloisen projektipäällikön Sakari Nokelan tammikuussa 2017. Idea opinnäytetyöhön tuli suoraan hankkeen tarpeista. Hän esitti minulle muutamia ideoita, joista valitsin itseäni eniten puhuttelevan ja innostavan aiheen. Kesällä 2017 Nokela vastaanotti työtehtävän uusien haasteiden parissa, ja opinnäytetyöprojekti lähti toteutumaan uuden projektipäällikön Jari Isohannin kanssa.

Tämän opinnäytetyön, kirjoituspöytä tutkimuksen, tulokulma on poikkitieteellinen. Opinnäytetyössä käsitellään sekä vireystilan fysiologiaa, hieman psykologiaa, että niiden mittaamisen teknologiaa. Ihmisen fysiologian ja vireystilan vaikutusta kehon toimintoihin esitellään sen verran, kun se on luotettavan mitausdatan tulkitsemiseksi ja saamiseksi on välttämätöntä, mutta lähtökohdat eivät ole lääketieteellisiä. Opinnäytetyö tehdään Centria TKI:n (Tutkimus, Kehitys ja Innovaatio) Biline-hankkeeseen. Hankkeen tavoitteet ovat määritelleet tutkimustyön ääriviivat ja tulokset ovat luonnollisesti käytettävissä hankkeessa myöhemmin todellisten työturvallisuutta parantavien applikaatioiden suunnitteluun ja toteutukseen.

Koska työturvallisuus itsessään on todella moniulotteinen ja kattava aihealue, rajattiin opinnäytetyön tarkemman tutkimuksen aiheeksi vireystilan mittaaminen, todentaminen ja parantaminen. Näin ollen myös tarkasteltavat teknologiat ovat helpommin rajattavissa vastaamaan opinnäytetyön laajuutta. Esitelen myös yleisesti ihmiskehossa vireystilaan vaikuttavia tekijöitä, sekä selvitän perusteellisemmin kahden eri menetelmän käytettävyyttä ja ominaisuuksia: SmartCap-sensoripannan ja Firstbeat-analyysin. Opinnäytetyössä on myös lyhyt katsaus muutamiin mittaustekniikoihin.

Teknologiakentällä eletään tällä hetkellä mielenkiintoisia aikoja, ja fokus on sekä yleisellä tasolla että Biline-hankkeessa olevan vahvasti langattomissa, kannettavissa ja pienikokoisissa ratkaisuissa, eikä edullisuudestakaan ole haittaa. Asioiden Internet (IoT), tietoturvallisuus ja tuleva 5G-verkko luovat sekä haasteita että mahdollisuuksia alalle.

Tämä opinnäytetyö koostuu kolmesta kokonaisuudesta. Ensimmäinen osa esittelee Biline-hanketta toimeksiantajana. Kerron hankkeen taustoista ja tarkoituksesta, sekä esittelen hankkeen toteutusympäristönä toimivaa suurteollisuusaluetta Kokkola Industrial Parkia. Samassa luvussa selvitän myös, mitä tarkoittaa digitaalinen turvallisuustieto, josta on muodostunut Biline-hankkeen päätavoite. Hankkeen tärkeä sidosryhmä on myös kuljetustoimijat, ja näin ollen käsittelen myös kuljetusalaa ja raskaan liikenteen kytköstä vireystilaan. Toinen osa luo tietoperustaa varsinaiselle tutkimukselle. Luku käsittelee vireystilaa fysiologisesti ja vireystilaan vaikuttavia tekijöitä. Varsinainen tutkimusosuudessa luvussa 5 olen valinnut kaksi vireystilan mittaamisen tuotetta, joihin olen perehtynyt tarkemmin. Lisäksi selvitän myös muita kiinnostavia mittausmenetelmiä.

Aiheeni laajuudesta ja poikkitieteellisyydestä johtuen lähdeaineistoa on käytetty monipuolisesti ja kattavasti. Ihmiseen fysiologiaan olen perehtynyt pitkälti alan oppikirjojen pohjalta, koska kyseessä on tekniikan alan, ei hoitotyön, opinnäytetyö. Laadukasta ja nykytiedon valossa luotettavaa tietoa on saatavissa lääkariseura Duodecimin julkaisuista. Moni käyttämistäni lähteistä oli suunnattu myös alan ammatinharjoittajille. Lisäksi tärkeänä lähteenä toimivat tieteelliset tutkimukset, tutkimusraportit, jotkin opinnäytetyöt ja yliopistojen Pro Gradu -tutkielmat. Myös englanninkielinen lähdeaineisto on ollut keskeisessä roolissa opinnäytetyötäni tehdessä. Omasta kiinnostuksestani aihetta kohtaan kertonee se, että jotkin lähdekirjallisuuden teokset löytyvät omasta kirjahyllystäni.

2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TOTEUTUS

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää käyttökelpoisia kehitysideoita, joista Biline-hankkeen tiimi voi tuottaa ratkaisusovelluksia autenttiseen ympäristöön yhdessä yhteistyöyritysten kanssa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten työntekijän vireystilaa olisi mahdollista mitata luotettavasti. Työntekijän henkilökohtainen tietoturva ja mittauslaitteiden hankinta ja kustannukset ovat myös seikkoja, jotka on otettava huomioon viimeistään siinä vaiheessa, kun sovellusteorioiden viedään käytäntöön, mutta joihin ei ole tässä opinnäytetyössä otettu kantaa.

Tämä opinnäytetyö on kirjoituspöytätyö, jota varten olen käyttänyt valmista dokumenttiaineistoa rajatuista aiheista. Tutkittavat asiat määriteltiin yhdessä Biline-hankkeen kanssa, jotta yhteen kokoamani aineisto hyödyttäisi myös hankkeen päämääriä tulevaisuudessa. Tässä tapauksessa olen siis perehtynyt erilaisiin vireystilan mittaamiseen tarkoitettuihin teknisiin laitteisiin ja ratkaisuihin.

Jotta kokoamani tieto olisi hyödyllistä myös hankkeen näkökulmasta, on tutkimusaineiston oltava uutta ja tuoretta. Pääsääntöisesti tutkimusaineistoni onkin koottu Internet-lähteistä laitevalmistajien ja yliopistojen julkaisemien tutkimusten kautta. Lisäksi ihmisen fysiologiaan liittyvät yksityiskohdat on koottu luotettavista lähteistä, muun muassa alan oppikirjoista. Tämä opinnäytetyö on tekniikan alan insinööri-työ, ei hoitotyön tai lääketieteen alan loppu-työ, minkä vuoksi oppikirjojen käyttäminen lähdeaineistona on antanut riittävän tiedon tutkittuihin asioihin.

Yhteinen piirre tutkimilleni teknologioille on vanhan tekniikan soveltamista uudella lailla. Teknologian kehittyessä esimerkiksi aivosähkökäyrä EEG on pystytty jalkauttamaan kannettavaksi malliksi Life by SmartCap –ratkaisulla, tai sykemittaus on kehittynyt tarpeeksi pienikokoiseksi ja langattomaksi. Komponenttien langattomuus ja innovatiivinen ajattelutapa mahdollistavat siis uusia sovelluksia tulevaisuudessa.

Tutkimusta tehdessäni lähestyin aihetta kolmesta eri näkökulmasta; Mitä ihmisen elimistössä tapahtuu vireystilan muuttuessa? Miten teknologia toimii ja mitä se mittaa? Miten mittaustulosten validiteetti on selvitetty ja kuinka teknologiaa on testattu?

3 BILINE-HANKE

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Centria ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitysosaston (Centria TKI) digitalisaatiohanke Biline. Biline-hanke toimii yhteistyössä Kokkoa Industrial Parkin suurteollisuusyritysten kanssa ja kehittää työturvallisuutta parantavia ratkaisuja nimenomaan digitalisaation kautta. Kolmevuotinen hanke päättyy vuonna 2019. (Toivanen, 2017)



KUVA 1. Biline-hankkeen rakenne ja sidosryhmät (Toivanen 2017, 5)

Biline-hankkeen julkaiseman Use Cases –julkaisun mukaan hankkeen tarkoitus on kehittää Kokkolan suurteollisuusalueelle (Kokkola Industrial Park, KIP) työturvallisuuden kokonaisuus, jonka avulla voidaan seurata alueella työskenteleviä henkilöitä, koneita ja laitteita. Digitaalinen kokonaisuus muodostuu

useista eri teknologioista, ja yhdistää tiedon käytännölliseksi työturvallisuutta ja työtä itseään parantavaksi kokonaisuudeksi. (Toivanen, 2017)

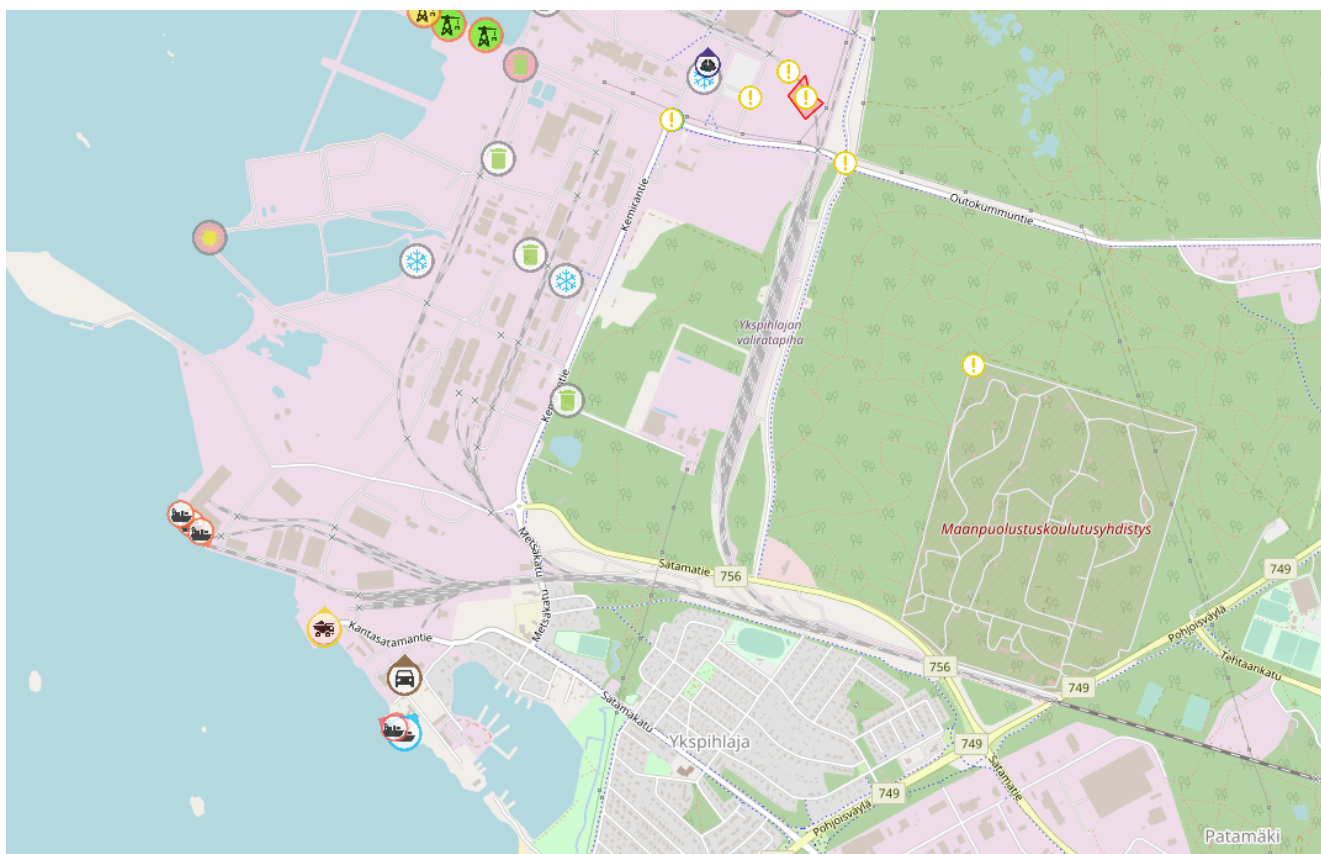
Biline-hankkeen syntyvaiheista kerrotaan Rakennerahastot.fi -sivuston uutiskirjeessä. Silloinen projektipäällikkö Sakari Nokela sanoo hankkeen saaneen alkunsa biometristen tunnisteiden tutkimuksesta. Tutkimuksesta kehittyi sittemmin ajatukseksi laajemmasta työturvallisuushankkeesta. Nokelan mukaan Keski-Pohjanmaan alueella ei tuolloin vuonna 2016 oltu vielä tartuttu tarpeeksi digitalisaation mahdollisuuksiin, vaikka osaamista ja tietotaitoa alueelta kyllä löytyi. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016)

Käytännössä Biline-hankkeen käyttötapaukset ovat aina yrityslähtöisiä, ja ratkaisuille pitää olla todellinen tarve autenttisessa teollisuusympäristössä. Tarvekartoituksen jälkeen hanketiimi selvittää olemassa olevaa teknologiaa ja sen käytettävyyttä, jotta voitaisiin kehittää teknisesti ajan tasalla oleva sovellus yrityksen käyttöön. Kyseessä voi olla joko jo markkinoilla oleva tuote, tai vasta kehitteillä oleva teknologinen ratkaisu. Valintojen perusteella hanketiimi toteuttaa tarvittavia demonstraatioita ja sovelluksia asiakasyrityksessä testattavaksi. Demonstraatiota seuraa pilottivaihe joko operatiivisessa käytössä tai hanketiimin toimesta asiakasyrityksen tiloissa. Näin voidaan toteuttaa sekä ketterä että asiakkaan tarpeisiin räätälöity kokonaisuus asianmukaisen teknologian kanssa. (Toivanen, 2017)

3.1 Digitaalinen turvallisuustieto

Hankkeella on neljä eri painopistettä digitaalisen turvallisuuskuvan muodostamisessa: säätiedot, paikantaminen, liikkuvien ajoneuvojen turvallisuusratkaisut sekä raskaiden työkoneiden turvallisuus. Säätila vaikuttaa paitsi alueella liikkuvien ihmisten ja ajoneuvojen turvallisuuteen, myös esimerkiksi huolto- ja ylläpitotehtävien toteutukseen. (Toivanen 2017, 12)

Hankkeella on erilaisia projekteja liittyen paikantamiseen sekä sisä- että ulkotiloissa. Paikantamista voidaan hyödyntää esimerkiksi vaaratilanteiden tai häiriötilojen ilmoituksessa. Toisaalta paikantamisratkaisuilla pystytään tehostamaan operatiivista toimintaa, kun koneet ja laitteet ovat löydettävissä. Osana paikannusta voidaan pitää myös erilaisia kulunvalvontajärjestelmiä. Paikannuksessa tärkeässä asemassa ovat kannettavat laitteet ja esimerkiksi puettava teknologia. Toisaalta paikannusta voidaan käyttää myös ajoneuvojen ja ajoreittien seurantaan. (Toivanen 2017, 16-18)



KUVA 2. Digitaalinen turvallisuustietonäkymä BILINE-hankkeen mukaan

Kuvassa (KUVA 2) on esimerkki digitaalisen turvallisuustiedon näkymästä Kokkola Industrial Parkin alueella. Kuvassa olevat kuvakkeet ovat reaaliaikaisesti päivittyviä ja mahdolliset poikkeustilanteet ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät ovat havaittavissa yhdessä näkymässä. (Isohanni, 2017)

3.2 Kokkola Industrial Park

Kokkola Industrial Parkin (KIP) historia ulottuu periaatteessa aina vuoteen 1825, jolloin Kokkolan satama perustettiin nykyiselle paikalleen. Kokkola on satojen vuosien ajan ollut merkittävä kauppakaupunki, ja siksi merenkulkuyhteydet ovat olleet tärkeitä. Sataman myötä alueelle syntyi myös teollisuutta. Kemianteollisuus alkoi Kokkolassa vuonna 1945, ja 1960-luvulla myös rikastamoteollisuus rantautui Kokkolaan. Tänä päivänä KIP on 700 hehtaarin ja 80 eri yrityksen yhtenäinen teollisuusalue. Kokkola Industrial Park ry on yhdistys, joka toiminnallaan mahdollistaa alueen yritysten käyttöön erilaisia yleishyödyllisiä palveluita. KIP työllistää yli 2200 henkeä. (kip.fi)

Yksi KIPin keskeisimmistä vastuualueista on alueen turvallisuus. Vastuualueet on helppo rajata, sillä alueella toimivilla tehtailla on omat turvallisuusorganisaationsa, ja KIPin turvallisuusryhmä toimii teollisuusalueella tehtaiden kivijalkojen ulkopuolella, kuitenkin alueen toimijoiden kanssa jatkuvassa ja välittömässä yhteistyössä esimerkiksi kuukausipalaverien avulla. (Lång, 2017)

Teollisuusalueella suurimmat riskit liittyvät pääasiassa tuotantoon tai raaka-aineisiin. Mahdollisen inhimillisen erehdyksen seuraukset ja kerrannaisvaikutukset voivat olla pahimmillaan merkittäviä. Jatkuvalla kehitystyöllä ja nyt yhdessä Biline-hankkeen kanssa nämä riskit ovat kuitenkin entistä paremmin ennakoitavissa. (Lång, 2017)

Mitä, missä ja milloin ovat turvallisuuden kannalta olennaisimmat kysymykset sekä normaalioloissa, että poikkeustilanteissa. 700 hehtaarin pinta-ala ja mereen rajoittuva 22 kilometrin ympärysmitta luovat sellaiset olosuhteet, että teknologialla on paikkansa tilanteen kokonaishallinnassa. Turvallisuuspäällikkö Jussi Lång näkee Biline-hankkeen digitaalisen turvallisuustiedon tarkoittavan tulevaisuudessa esimerkiksi tilannehuoneen kaltaista näyttöä, jossa on visuaalisesti havaittavissa reaaliaikainen tilannetieto. KIP Service Oy vastaa myös alueen kunnossapidosta, joten säätiedotkin ovat oleellisia. Sateet, kylmyys, kuumuus, ilmanpaine ja tuulensuunta vaikuttavat välillisesti tai välittömästi alueen muihin toimintoihin. (Lång, 2017)

3.3 Maantiekuljetukset ja raskas liikenne

Merkittävin riskitekijä kuljetusalalla on kuljettajien väsymys, ja vakavissa onnettomuuksissa taustalla on usein väsymys (Liimatainen, Nykänen, Hyytinen & Vasara. 2014 [Syrjänen, 2013], Väänänen. 2010 [Partinen, 2004])). Raskaassa liikenteessä alhainen vireystila, väsymys ja jopa nukahtaminen saattavat aiheuttaa todellisen vaaratilanteen sekä kuljettajalle itselleen että muille. Raskaan liikenteen kuljettajien tulisiikin erityisen hyvin huolehtia riittävästä levosta sekä terveellisistä elintavoista liikunnan ja ravinnon avulla. Työ itsessään kuitenkin on kuitenkin aikataulullisesti haastavaa sekä staattisesti kuormittavaa. Tutkimusten perusteella ammattikuljettajat syövät liian epäterveellisesti ja harrastavat liian vähän liikuntaa, vaikka juuri heidän työssään hyvinvointia pitäisi korostaa. (Liimatainen, yms. 2014. [Kärmeniemi, Reiman, Nyberg, Lindström, Nevala & Väyrynen. 2012])

Maantieliikenteen koettua työkykyä, vireyttä ja unta mittaavassa tutkimuksessa selvitettiin kyselytutkimuksella ammattikuljettajien unen kesto, univajetta, unen laadun mahdollisia ongelmia ja niiden yhteyttä koettuun työkykyyn. Kyselyssä käytettiin vastaajien omia arvioita koetusta työkyvystä ja vireydestä. Kyselyyn vastasi 112 henkilöä, ja he olivat iältään 31-63 -vuotiaita. Hyväksi tai melko hyväksi fyysisen työkykynsä koki 62%, henkisen työkykynsä 84% ja terveydentilansa 60%. Päiväaikaista väsymystä kerran viikossa tai useammin koki 50% ja päivittäin tai lähes päivittäin 7% vastaajista. Keskimääräinen unen kesto yön aikana vastaajilla oli noin seitsemän tuntia, ja univaje noin 1,5 tuntia. Eurooppalaisen tutkimuksen mukaan jopa 40% ammattikuljettajista kärsii yli kahden tunnin univajeesta (Väänänen, 2010)

On siis täysin loogista, että Biline-hankkeen fokus on suunnattuna myös raskaan liikenteen toimijoihin ja ammattikuljettajiin. Biline-hankkeen kanssa yhteistyössä toimivat myös esimerkiksi kuljetusalan yritykset Oyj Ahola Transport Abp, sekä Koukkukuljetus Oy. Erilaiset logistiikkaratkaisut ovat merkittävä tekijä Kokkola Industrial Parkin alueella toimivien yritysten tuotannossa, ja alue sijaitsee rautatien, meren ja valtatie 8:n läheisyydessä. (Isohanni, 2017)

Kuljettajien ajonaikaista vireyttä päästään tutkimaan ensisijaisesti ajoneuvoihin asennetulla tekniikalla seuraamalla kuljettajan ajokäyttäytymistä ja ajotavan muutoksia. Projektikohtaisesti tai tutkimusmielessä voidaan seurata myös erillisillä biosuureita mittaavilla laitteilla, joiden käyttö perustuu vapaaehtoisuuteen, eikä ole jatkuvaa. Vireystilan seurannassa, kuten myös kaikessa muussa tutkimuksessa, pitää miettiä, että miksi mitataan. Vireystilaa mittaamalla voidaan parantaa liikenneturvallisuutta, mutta on tärkeää saada myös tietoa erilaisten ajoneuvojen, ajoneuvotekniikan ja liikennetekniikan uusien ratkaisujen tuomista vaikutuksista ja hyödyistä. (Sorvisto 2018)

4 VIREYSTILA JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Vireystila on laajempi käsite kuin virkeys, eikä vireys tarkoita yksiselitteisesti väsymyksen vastakohtaa. Useimmissa määrittelyissä vireystila kuvataan mielen ja kehon valmiustilana (Kallio, 2017). Psyykkiset toiminnot, kuten havaitseminen, ajattelu ja tunteet ohjaavat ihmisen fyysistä toimintaa, ja psyykkiset tekijät aiheuttavat ihmisen elimistössä fyysisiä reaktioita. Nämä psykofyysiset reaktiot säätelevät sekä toimintavalmiutta että valmiustilaa työtehtävien suorittamista varten, ja myös riittävä lepo on avainasemassa valmiustilan säätelyssä. Stressi on fyysinen tila, jossa ihmisen valmiustila on joko liian voimakas tai liian pitkäkestoinen. Stressin vastakohtana on psyykkinen alikuormitustila eli monotonia, jonka seurauksena valmiustila on liian alhainen. (Seppälä, 2011, 103).

Miten vireyttä sitten kasvatetaan ja väsymystä lievennetään? Vastauksia tähän on suuri määrä, mutta tiivistetään ne tässä viiteen alakohtaan, joista tärkeimmäksi nousee tietenkin uni. Muita vireyteen suuresti vaikuttavia asioita ovat ravinto, liikunta, työolosuhteet ja -asenne sekä mielenhallinta ja ajattelun fokuointi. (Saarijärvi, 2015. 32)

Vuodelta 1983 peräisin oleva Rohmert & Rutenfranzin kuorma-kuormittumisen malli esittää, että yksilön kuormittumisen suuruuteen ja laatuun vaikuttavat tämän ominaisuudet, edellytys sekä työ itsessään. Työn kuormitustekijät ovat määrältään ja kestoaltaan erilaisia, ja niiden kokeminen ja vaikutus työssä jaksamiseen on yksilöllistä. Ihanteena on työn vaatimusten ja yksilön voimavarojen tasapaino. (Väänänen 2010, 9 [Rohmert & Rutenfranz 1983])



KUVIO 1. Kuorma-kuormittuminen malli (mukaillen Väänänen 2010)

Työperäistä stressiä ilmenee, kun työn laatu tai määrä on suurempi kuin työntekijän tiedot, taidot tai kyvyt, ja työn kuormitus on liian suuri. Pitkäaikainen työperäinen stressi on yhteydessä sydän- ja verisuonisairauksiin, tuki- ja liikuntaelinsairauksiin, selkäongelmiin sekä niskan, hartioiden, käsivarsien ja ranteiden ongelmiin. Lisäksi krooninen stressi on usein liitettävissä masennukseen, tulehdussairauksiin, iho- ja infektiosairauksiin sekä uniongelmiin. Fysiologisesti stressi kiihdyttää stressihormonien tuotantoa ja autonomisen hermoston toimintaa. Lyhyellä aikavälillä stressireaktio lisää lihasjännitystä ja parantaa suorituskkyä. Esiintyy niin sanotusti taistele tai pakene -reaktio, joka on yksi evoluution selviytymismekanismeista. Pitkällä aikavälillä stressi kuitenkin aiheuttaa ylialtistumista stressihormoneille ja häiritsee kaikkia kehon prosesseja, koska verenpaineen nousee, lihasvoiman heikentyy ja aineenvaihdunta hidastuu. (Järvelin-Pasanen, Sinikallio & Tarvainen, 2018)

Puhuttaessa vireystilasta työssä ja työsuoritusten aikana voidaan puhua laajemmin myös työergonomiasta, sillä tarkasteltaessa vireystilaan vaikuttavia tekijöitä yksityiskohtaisemmin, on havaittavissa, että kaikki vaikuttavat kaikkeen; ergonomia itsessään on jaettavissa fyysiseen, kognitiiviseen ja organisatoriseen ergonomiaan (Sovijärvi, Arina & Halmetoja 2017, 382; Launis & Louhevaara 2011, 20).

Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskkyyn parantamiseksi. Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Ergonomian avulla parannetaan ihmisten turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmän häiriötöntä ja tehokasta toimintaa. (Launis & Lehtelä 2011, 19)

Keskeinen fyysinen mekanismi elimistössä vireystilan säätelyyn on verensokeri (Sovijärvi yms. 2017, 347). Kun psyykkisten toimintojen välittämisen keskiössä toimii hermosto, verensokerin tasoa säätelevät hormonit. Myös verenpaine on tärkeä vireystilan säätelijä, sillä sekä liian korkea, että liian matala verenpaine voivat aiheuttaa fyysisiä oireita (Sovijärvi yms. 2017, 367)

Seuraavissa kohdissa tarkastelen vireystilaan vaikuttavia tekijöitä ihmisen fysiologian kannalta. Selvitän, mitä elimistössä tapahtuu ja millainen vaikutus eri mekanismeilla on vireystilaan.

4.1 Verenpaine

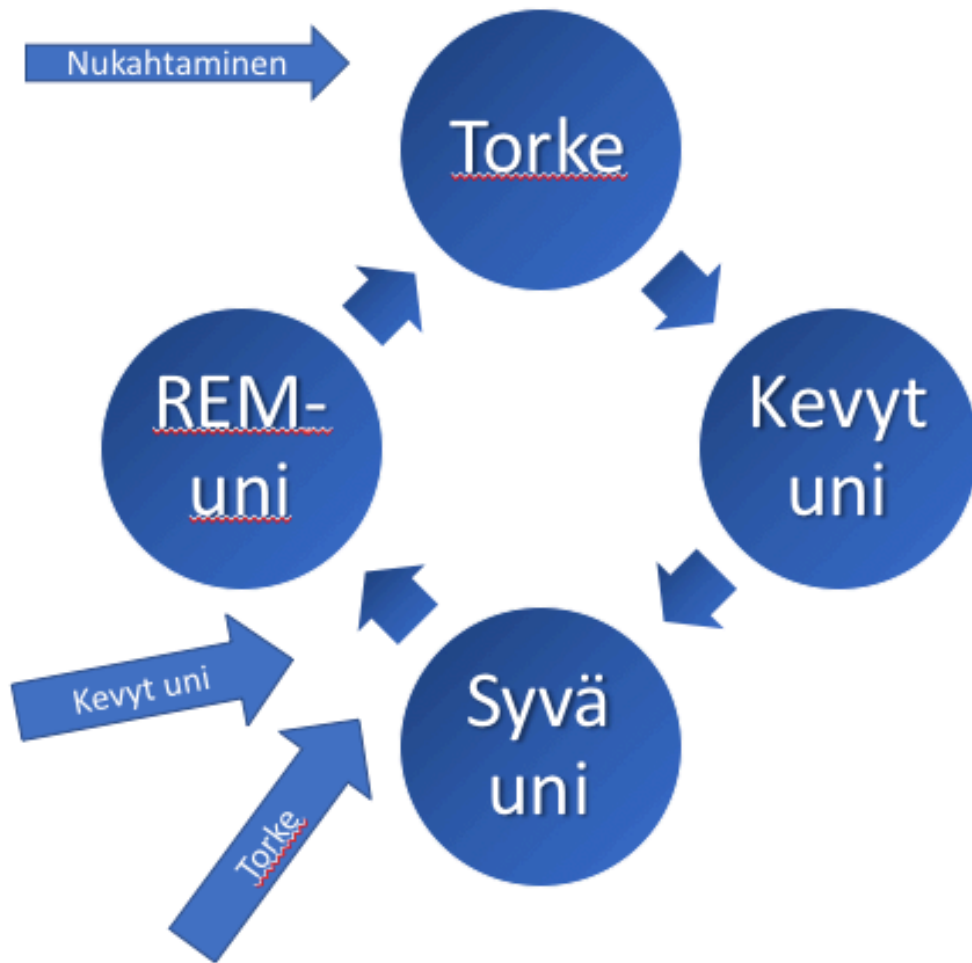
Verenpaine kuvaa painetta valtimoissa silloin, kun veri kulkee sydäimestä pois päin. Systolinen yläpaine ilmaisee paineen sydänlihaksen supistuksen aikana ja diastolinen alapaine lukeman sydämen ollessa levossa. Elimistössä munuaiset ja hermosto säätelevät verenpainetta. Lisäksi verenpaineeseen vaikuttavat sydänlihas, veren tiheys eli viskositeetti, veren nestemäärä, ääreisverenkierron vastus eli mahdolliset rakenteelliset muutokset, kuten verisuonten kalkkeumat. Verenpaineen kannalta negatiivinen kierre syntyy stressistä, jolloin sympaattinen hermosto on yliaktiivinen, verenpaine nousee, valtimot paksuuntuvat, ja verenpaine nousee. (Sovijärvi yms. 2017, 367)

Verenpaineen äkillinen nousu tai lasku aiheuttaa fyysisiä oireita. Eräs ilmiö on *ortostaattinen hypotensio*, eli asentoriippuvainen äkillinen verenpaineen romahdus ylös noustessa. Äkilliseen verenpaineen laskuun vaikuttavat muun muassa liian vähäinen suola ruokavaliossa, nestehukka, alkoholi ja jotkin lääkkeet, ja oire saattaa ilmaantua myös ruokailun jälkeen. (Sovijärvi yms. 2017, 367)

4.2 Uni

Unen sijasta voitaisiin käyttää myös sanaa lepo tai palautuminen, koska siihen kuuluu nukkumisen lisäksi myös muu sellainen toiminta, joka parantaa vireystilaa ja virkeyttä (Työterveyslaitos). Uni itsessään koostuu neljästä erilaisesta jaksosta, joilla kaikilla on oma tarkoituksensa palautumisen kannalta: torke, kevyt uni, hidasaaltouni ja vilke- eli REM-uni.

Ensimmäisessä torke-vaiheessa ihminen vaipuu valvetilasta uneen. Torke-vaihetta seuraa kevyen unen vaihe, jonka aikana lihakset rentoutuvat ja hengitys hidastuu, mutta herääminen on vielä kohtalaisen helppoa. Kevyen unen jälkeen alkaa syvän unen vaihe eli hidasaaltouni. Tällöin verenpaine ja sydämen syke laskevat ja hengitys syvenee entisestään. Hidasaaltouni on fyysisen palautumisen kannalta merkittävin vaihe ja elimistössä vapautuu muun muassa kasvuhormoneja ja immuunijärjestelmää aktivoivia aineita. Hidasaaltounen jälkeen uni kevenee, ja alkaa REM-uni eli vilkeuni (Rapid Eye Movement). Kehon lämpötila, verenpaine ja syke nousevat hieman. REM-unen aikana unien näkeminen on todennäköisintä, silmät saattavat liikkua vaikka pysyvätkin suljettuna, mutta lihaksisto on edelleen passiivinen. REM-uni on psyykkisen palautumisen kannalta tärkeintä, sillä tällöin aivot ikään kuin järjestelevät tietoa ja muistijälkiä uudelleen. (Leppäluoto, Kettunen, Rintamäki, Vakkuri, Vierimaa & Lätti 2017, 452-454)



KUVIO 2. Toistuvan unisyklin vaiheet (mukaillen Hietala & Jämsä-Väyrynen 2014)

Nämä unen eri vaiheet siis muodostavat unisyklin, joka toistuu muutaman kerran yön aikana. Univajeessa keho pyrkii kuitenkin keskittymään vain fyysiseen palautumiseen, jolloin REM-uni saattaa jäädä liian vähäiseksi, ja mielen palautuminen ei ole riittävää. (Saarijärvi 2015, 22)

Nukkuessa ihmisessä tapahtuu sekä fyysisiä että psyykkisiä muutoksia. Sydämen syke, hengitys ja lihastoiminta hidastuvat, ruumiinlämpö laskee ja hormonit ja kemialliset aineet työstävät palautumista. Kaikilla toiminnoilla on tehtävänsä, ja mikäli unen ja levon määrä on liian vähäistä, vaikuttaa se negatiivisesti kehon toimintaan ja sitä kautta vireystilaan valveilla ollessa. (Saarijärvi 2015, 13-14)

Unen aikana verensokeritaso pysyy yleensä tasaisena. Univaje heikentää elimistön kykyä käyttää glukoosia energianlähteenä, ja paastosokeriarvo nousee. Vähän nukkuvien henkilöiden insuliiniherkkyys on alhaisempi. Myös liian suuri määrä unta heikentää sokeriarvojen säätelyä. (Sovijärvi yms. 2017, 357)

4.3 Ravinto

Ravinto ja ruoka ovat merkittäviä tekijöitä sekä terveyden ylläpidossa että sairauksien ehkäisyssä ja hoidossa. Ravitsemus on myös suosittu keskustelun aihe. Muoti-ilmiöt, informaation paljous ja uskomukset sekoittuvat ajalle ominaisesti tieteellisiin tutkimustuloksiin. (Aro, Mutanen & Uusitupa, 2012. 5)

Ruoasta saadaan energiaa, jota tarvitaan perusaineenvaihduntaan, ruoan aikaansaamaan lämmöntuottoon sekä fyysiseen aktiivisuuteen (Haglund, Hakala-Lahtinen, Huupponen & Ventola, 2010. 11). Ruoka sisältää ravintoaineita, muita (non-nutrients) aineita, ja näistä ravintoaineet voidaan jaotella vielä välttämättömiin, ehdollisesti välttämättömiin ja ei-välttämättömiin aineisiin, ja muut aineet lisäaineisiin, luontaisiin aineisiin ja haitta-aineisiin. Välttämättömät aineet ovat kudosten kasvun, uusiutumisen ja lisääntymisen edellytys, ja niiden puutos johtaa puutosoireisiin. Tällaisia aineita ovat vesi, energianlähteet, aminohapot, rasvahapot, vitamiinit ja kivennäisaineet. (Aro yms. 2012. 17)

Oikeanlaisella ravinnolla ja tiedolla sen sopivasta määrästä voidaan parantaa työvireyttä huomattavasti. --- Elimistömme nestetasapaino on tärkeää aineenvaihdunnan toiminnalle. Usein nuutunut ja väsynyt olo onkin suurelta osin pelkkää nestehukkaa. (Saarijärvi, 2010. 36)

Energiansaanti ravinnosta olisi ihannetilanteessa tasapainossa kulutuksen suhteen. Tällöin ravitsemus tukee hyvää terveyttä, kehon painoa ja koostumusta, sekä tukee fyysistä aktiivisuutta. (Haglund yms. 2010. 13) Energiansaantia ei voi kuitenkaan yksioikoisesti tarkastella pelkkänä yhteen- ja vähennyslaskuna, vaan ravinnon koostumus määrittelee sen laadun. Energiansaannin makrojakaumalla tarkoitetaan kin sitä suhdelukua, kuinka suuri osuus ruoan energiamäärästä koostuu hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista.

Syömistä säätelevät hormonaaliset signaalit hermostossamme sekä pitkäaikaisesti että lyhytaikaisesti, psykososiaaliset tekijät, ympäristötekijät ja syömämme ruoan ominaisuudet. (Aro yms. 2012, 19-24). Verensokeria säätelevät haima ja aivojen hypothalamus, ja näiden kautta lukuisat eri hormonit. Nälkäsignaalin syntyminen ei vaadi hypoglykemiaa eli alhaista verensokeritasoa. Pelkkä verensokerin lasku synnyttää tarpeen syödä. Kun verensokeri pysyy tasaisena, nälkäreaktiota ei synny, ja vireystila pysyy tasaisena. (Sovijävi yms. 2017, 347)

Tutkimusten mukaan suurin riski työtapaturmille ja onnettomuuksille on aamuyöllä kello 02-05, jolloin nukahtamisalttius on suurimmillaan. Toinen tapaturma-altis ajankohta on iltapäivällä kello 14-17, jolloin syynä on liian raskas lounas, joka on sisältänyt liian paljon ”nopeita” hiilihydraatteja. (Partinen, 2012) Nopeilla hiilihydraateilla viitataan tässä ruoan glykemiaindeksiin, eli GI-arvoon. Suuremman GI:n elintarvikkeet nostavat verensokeria voimakkaammin, kun taas pienemmän GI:n ruoat vaikuttavat verensokeriin tasaisemmin. Matalan GI:n elintarvikkeet ovat yleensä myös runsaskuituisia, ja sisältävät paljon vitamiineja ja kivennäisaineita. (Haglund, yms. 2010. 32)

4.4 Liikunta

Liikunta aiheuttaa elimistössä stressitilan, nostaa sykettä, laajentaa verisuonia, ja aktivoi sympaattista hermostoa (UKK-Instituutti). Stressi ei ole automaattisesti huono asia, vaan sillä on myös hallittuna positiivisia vaikutuksia. Sopivan liikunnan aikana elimistöstä poistuu stressihormoneja (Peltomaa 2015, 58)

Työssä olevaa kuormitusta on totuttu pitämään haitallisena. Toisaalta liikuntaelinten vajoja hoidetaan ja pyritään ehkäisemään fyysisellä harjoittelulla. Kuinka siis kuormitus työssä voi olla haitallista, mutta vapaa-ajalla jopa suositeltavaa? (Takala 2010, 87)

Kuormituksen vaikutuksiin vaikuttavat sen suuruus, kesto ja toistuvuus (Takala 2010, 88). Haittoja voi syntyä myös liian alhaisesta kuormituksesta. Fyysisesti suoritettavassa työssä olisi pyrittävä liikkeiden vaihteluun ja työtehtävien rytmittämiseen palauttavilla tauoilla. Staattisen työn ongelmat taas ovat seurausta paikoilleen sidotusta työasennosta, jolloin tietyt lihasryhmät kuormittuvat liikaa, ellei asento ole ergonomisesti tuettu. (Launis & Louhevaara 2011, 69-72)

Vapaa-ajalla näitä työn aiheuttamia kuormituksia on mahdollista tasapainottaa. Kestävyysliikunta parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa, sydämen, verisuonten ja keuhkojen terveyttä, sekä parantaa sokeri- ja rasvatasapainoa. Lihaskuntaa kehittävä liikunta taas parantaa lihasvoimaa, kestävyyttä, notkeutta, tasapainoa, luustoa ja edistää tuki- ja liikuntaelimestön terveyttä. Liikunta edesauttaa myös psyykkistä hyvinvointia kohentamalla mielialaa, vireystilaa ja unta, sekä lievittämällä stressiä ja masennusta. (UKK-Instituutti)

Erään tutkimuksen mukaan vapaa-ajalla harjoitettu fyysinen aktiivisuus vähensi työntekijöiden väsymystä. Tämä johtuu siitä, että liikunta edistää psyykkistä palautumista. (Peltomaa 2015. 91-92) Suomen

kuntourheiluliiton tutkimuksen mukaan vapaa-ajallaan liikuntaa harrastavien työntekijöiden sairauspoissaolot ovat vähäisempiä. Toisen tutkimuksen mukaan fyysinen työkyky oli suoraan verrannollinen myös työssä viihtymiseen. (Ahonen, 2010)

Tuki- ja liikuntaelinsairaudet ovat mielenterveysongelmien lisäksi suurin työkyvyttömyyden aiheuttaja Suomessa (Karjalainen & Vainio, 2010). Paitsi työvireen, myös fyysisen terveyden kannalta oikea määrä sopivaa liikuntaa edesauttaa työssä jaksamista ja työsuoritusta. Sekä lyhyt- että pitkäaikainen työkyvyttömyys vaikuttavat sekä yrityksen, yhteiskunnan että yksilön taloudelliseen hyvinvointiin alentavasti. (Ahonen 2010, 36; Launis & Lehtelä 2011, 37)

4.5 Työ

Työ voidaan määritellä sellaiseksi toiminnaksi, jonka avulla ihminen tyydyttää tarpeitaan. Työ on myös toimeentulon ja hyvinvointiyhteiskunnan edellytys, vaikka jonkinlainen toimeentulo myös yhteiskunnan tukien varassa on mahdollista. (Kasvio, 2010.) Myös työhön ja ammattiin liittyvä kunnianhimo on niin keskeisessä roolissa päivittäisessä elämässä, että niillä on myös suuri merkitys terveydentilaan. Työstä nauttimisen on todettu olevan suoraan yhteydessä parempaan terveydentilaan ja etenkin parempaan mielenterveyteen. (Sovijärvi yms., 2017. 343)

Työssä jaksamiseen vaikuttavat sekä viihtyvyys että työn kuormitus. Jaksamista heikentävät muun muassa vaatimukset, stressinsietokyky, velvollisuudentunto, epäselvä työnkuva ja mahdolliset sosiaaliset haasteet työympäristössä. (Sovijärvi yms. 2017. 343) Työssä suoriutuminen ja keskittymiskyky alenevat erityisesti yksitoikkaisissa työtehtävissä, kuten valvomotyöskentelyssä tai seurantatehtävissä. (Hyypä & Kronholm, 1998. 38) Tällöin puhutaan alikuormituksesta, jolloin ympäristö on ärsykeeton. Havaintotoiminnot huonontuvat, havaintovirheet lisääntyvät, ja henkilö saattaa kokea ärtyneisyyttä, rauhattomuutta ja turhautuneisuutta. Valppaus alenee jo 30 minuutin jälkeen. (Seppälä, 2011. 109, 117)

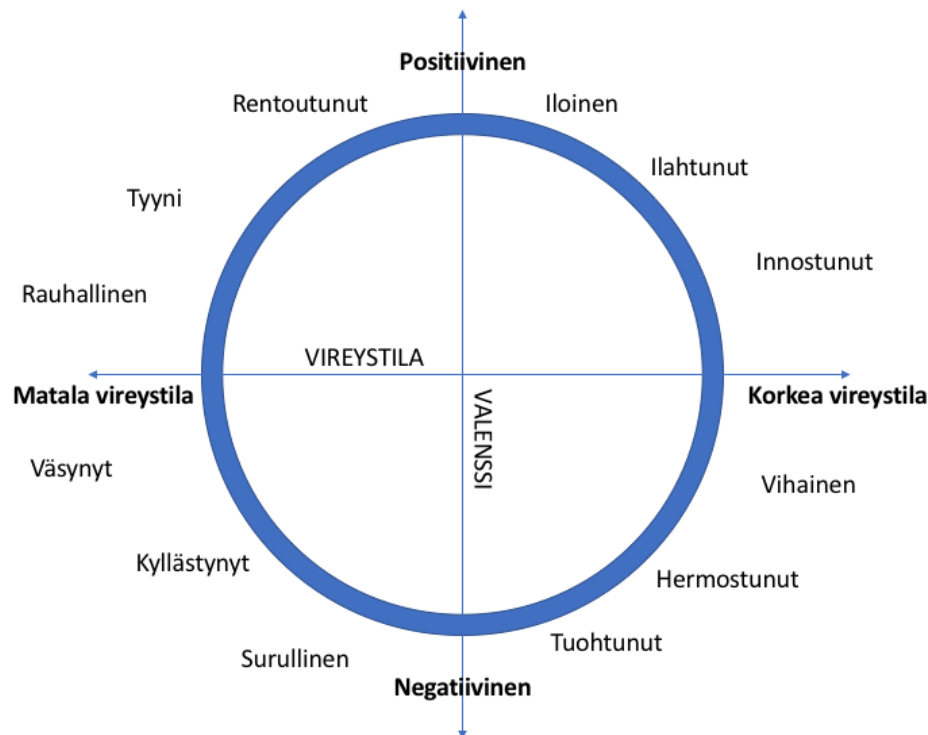
Työn tauotus on vireystilan ylläpitämiseksi tärkeää. Mieli käsittelee kerralla vain 5-9 (7 ± 2) asiaa [Miller, 1956], joten ulkoisten ärsykkeiden minimointi, rutiinien kehittäminen ja oman mielen jäsentely edesauttavat asioiden aikaansaamista. (Sovijärvi yms. 2017. 394) Työn tauottamista tukee myös teoria oppimisen ja keskittymisen tehokkuudesta. Sen mukaan muistaminen on parhaimmillaan alussa ja lopussa, kun taas keskivaiheilla keskittyminen ja vireys heikentyvät (Sovijärvi yms. 2017. 404. [Cirillo, F. 2006.]

Työpaikalla pitää myös työturvallisuuden ja yleisen terveyden ja hyvinvoinnin kannalta kiinnittää huomiota työssä ja työympäristössä esiintyviin altisteisiin. Fysikaalisia tekijöitä ovat muun muassa melu, värinä, säteily. Lisäksi ovat kemikaalit ja mahdolliset biologiset tekijät. (Uitti & Antti-Poika, 2010)

4.6 Mieli

Keskushermosto koostuu selkäytimestä, aivorungosta, pikkuaivoista ja iso-aivoista. Keskushermosto kommunikoi jatkuvasti ympäristön kanssa 12 aivohermon ja 31 selkäydinhermon kautta. Aivoissa havaittu informaatio ohjautuu oikealle aivokuorialueelle tiedon prosessointia varten. Aivojen limbisen järjestelmän käsittelee paitsi syömistä ja juomista, myös tunne-elämää, pelkoreaktioita, muistia ja muistoja. (Sovijärvi yms. 2017. 440-443)

Mielen toimintaa voidaan mitata paitsi erilaisilla kognitiivisilla testeillä, myös aivosähkökäyrällä (EEG), aivojen verenkiertotutkimuksilla ja muilla aivojen kuvantamistutkimuksilla (Sovijärvi yms. 2017. 483). Neurotiede tutkii hermosolujen ja hermoston rakenteita, ja oleellinen osa tutkimusta ovat välittäjäaineet. Välittäjäaineiden rakennusaineena ovat aminohapot, joita saadaan ravinnosta, ja näin ollen tiettyjen ravinteiden puute saattaa aiheuttaa psyykkisiä ongelmia. (Sovijärvi yms. 2017. 463)



KUVIO 3. Vireystila – valenssi -avaruus (mukaillen Ylätaalo 2014)

Yksilön kokemat tuntemukset voivat olla joko positiivia tai negatiivia, ja ominaisia joko korkealle tai matalalle vireystilalle (KUVIO 3). Emootiot ohjaavat käyttäytymistä ja koostuvat subjektiivisesta kokeemuksesta ja fysiologisesta tuntemuksesta. Emootioiden vaikutusta käyttäytymiseen on tutkittu jo 1800-luvulta lähtien. Kuviossa 3 valenssi tarkoittaa käyttäytymisen suuntaa suhteessa ärsykkeeseen. (Ylätalo 2014, 2)

Psyykkinen palautuminen tarkoittaa yksilöllisesti koetun kuormittuneisuuden ja väsymyksen vähene- mistä. Tuntemukset paineesta, ärtymyksestä ja ylikuormituksesta sekä energian puute ovat merkkejä tarpeesta psyykkiseen palautumiseen. Erään luokittelun mukaan psyykkinen palautuminen koostuu nel- jästä osa-alueesta: psykologisesta irrottautumisesta, rentoutumisesta, taidon hallinnasta ja kontrollista. Psykologinen irrottautuminen tarkoittaa irrottautumista esimerkiksi työstä: työasioita ei hoideta vapaa- ajalla, ja pyritään irrottamaan myös ajatukset työstä. Taidon hallinta toteutuu esimerkiksi vapaa-ajan harrastuksen parissa, jotka etäännyttävät työstä ja tuottavat uusia oppimiskokemuksia. Kontrollilla vii- tataan tunteeseen siitä, että yksilö hallitsee itse omaa ajankäyttöään. (Peltomaa 2015, 86-88) Mielentila vaikuttaa työn laatuun, hyvinvointiin ja jaksamiseen. (Saarijärvi 2015, 36)

Motivaation puute aiheuttaa kustannuksia työpaikoilla laskemalla työn tehokkuutta. Alentunut motivaatio saattaa kuitenkin olla seurausta hormonitoiminnasta. Testosteroni lisää motivaatiota ja asioiden ai- kaansaamista, mutta stressihormonit vähentävät testosteronin tuotantoa elimistössä, jolloin aineenvaih- dunnan muutokset alentavat vireystilaa ja motivaatiota. (Jaakkola 2012, 238)

4.7 Vireyden anatomiaa

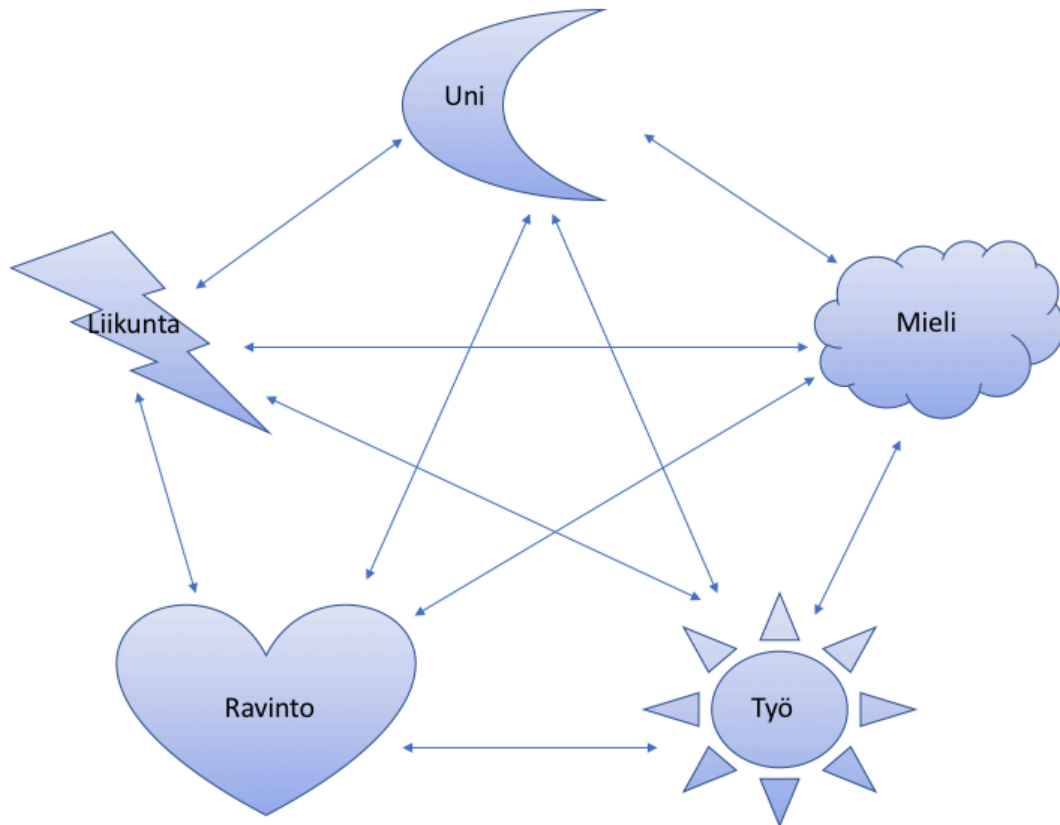
Ihmisen psykofyysinen kokonaisuus koostuu siis psyykkisistä ja fyysisistä toiminnoista, jotka vaikutta- vat toisiinsa. Molemmilla toiminnoilla sekä ylikuormitus että alikuormitus ovat mahdollisia. Hermosto voidaan jakaa sekä somaattiseen, tahdonalaiseen osaan, että autonomiseen, eli tahdosta riippumattomaan osaan. Toinen jako voidaan tehdä keskushermostoon ja ääreishermostoon, joissa molemmissa on sekä somaattisia että autonomisia osia. Hermostolla on sensorisia, motorisia, assosiatiivisia ja autonomisia toimintoja (TAULUKKO 1). Psyykkiset toiminnot taas paikantuvat isoaivoihin, väliaivoihin, aivonrun- koon, ydinjatkokseen ja pikkuaivoihin. Hermoimpulssit elimistössä kulkevat joko eriytyneen eli spesifin kuljetusjärjestelmän tai eriytymättömän eli diffuusin kuljetusjärjestelmän kautta. (Seppälä, 2011. 103- 107)

TAULUKKO 1. Hermoston säätelymekanismit (Seppälä 2011, 105-106)

SÄÄTELYMEKANISMI	SELITE
Sensorinen	Aistien välittämien tietojen käsittely ja tulkitseminen, esim. näköärsyke
Motorinen	Liikkeiden ohjaukseen tarvittavat toiminnot, esim. asennon ylläpitäminen
Assosiatiivinen	Korkeamman asteen hermotoiminnot, kuten ajattelu ja oppiminen
Autonominen	Tahdosta riippumattomat toiminnot, sisäelinten toiminta ja aineenvaihdunta

Elimistön vireystilan säätely tapahtuu aivoverkoston aktivaatiojärjestelmässä, joka kuuluu diffuusiin hermoimpulssien kuljetusjärjestelmään. Aistiärsyke aiheuttaa suuntautumisreaktion, ihminen valpastuu ja isoaivojen sähköinen toiminta vahvistuu. Korkea vireystila kiihdyttää elintoimintoja, eli vaikuttaa fyysisiin toimintoihin, ja alhainen vireystila hidastaa elintoimintoja. (Seppälä 2011, 103-107)

Aktivaatiojärjestelmään vaikuttavat paitsi fyysinen aktiivisuus, myös tunteet, motivaatio ja ärsykkeen eli käsiteltävän tiedon määrä ja laatu. Vireystilassa on kyse nimenomaan informaation vastaanottamisesta ja käsittelystä. Työtilanteissa tietoa otetaan vastaan nopeasti, ja saatu informaatio pitää nopeasti käsitellä päätöksiksi tai pitää muistissa. (Seppälä 2011, 110)



KUVIO 4. Hyvinvoinnin ja vireyden osatekijöiden vaikutukset toisiinsa

Kuvio 4 kuvaa sitä monimutkaista järjestelmää, jossa jokainen osatekijä vaikuttaa hyvinvointiin, terveydentilaan ja vireystilaan sekä työssä että vapaa-ajalla. Esimerkiksi hiilihydraattipitoisten aterioiden syöminen iltapainotteisesti aktivoivat parasympaattista hermostoa, laskevat stressihormonin määrää ja näin edesauttaa parempaa unen saantia. (Sovijärvi yms. 2017, 359) Mielentila vaikuttaa uneen ja vireyteen, ja toisaalta aktiivisuus ja lepo vaikuttavat mielentilaan (Saarijärvi 2015, 36).

5 VIREYSTILAN MITTAAMISEN TEKNOLOGIOITA

Tässä luvussa on tarkasteltu valittuja mittausteknologioita eli SmartCap-mittausta ja Firstbeat-hyvintointianalyysia. Samalla on selvitetty yksityiskohtaisemmin aivosähköaaltojen ja sykevälivaihtelun mittaamista. Mitattavia biosuureita on lukuisia, mutta tähän luvussa esitellään lisäksi muita kiinnostavia mittausten menetelmiä: optinen mittaus, lihasaktiivisuuden mittaus sekä ihon sähkönjohtavuuden mittaus.

5.1 Aivosähkökäyrän mittaaminen

Aivosähkökäyrien avulla pystytään määrittelemään hereillä olemisen ja unen tasoa. Kuten kohdassa 3.1 on selvitetty, uni on jaettu eri vaiheisiin unen syvyyden ja tietoisuuden tason perusteella.

EEG-mittaus eli elektroenkefalografia mittaa aivojen sähkötoimintaa. Päänahkaan kiinnitetään elektrodeja, jotka mittaavat jännitemuutoksia hermosolujen liitospinnoista (synapseista). Riippuen hermosolujen samanaikaisesta toiminnasta jännitemuutosten suuruus ja esiintymistiheys (frekvenssi) vaihtelevat. Mitä enemmän aivoissa tapahtuu samanaikaisia eli synkronoituneita jännitemuutoksia, sitä suuremman jännitteen EEG mittaa. Aaltojen frekvenssi taas määrittelee tietoisuuden tilan valvetilasta syvään uneen. Synkronisaatio eli samanaikaiset jännitemuutokset synapseissa lisääntyvät unen aikana, eli amplitudi kasvaa, kun taas valvetilassa aisti-informaatio lisääntyy, synkronisaatio vähenee ja amplitudi pienenee. (Leppäluoto yms. 2017, 453)

TAULUKKO 2. Aivosähköaaltojen muoto, frekvenssi ja esiintyminen (Leppäluoto yms. 2017, 453)

Aaltomuoto	Frekvenssi (hZ)	Esiintyminen
Alfa	8-13	Valvetila, rentoutuminen, silmät suljettuna
Beeta	14-40	Valvetila
Theeta	4-7	Uni
Gamma	Alle 4	Syvä uni

Elektroenkefalografian kehitti Hans Berger jo vuonna 1924. Viimeisen vuosikymmenen aikana EEG-laitteiden komponenttien koko, paino ja hinta ovat pienentyneet merkittävästi. Lisäksi langattomat yhteydet ja digitaaliset systeemit mahdollistavat EEG-tekniikan edistyneet sovellukset. (SmartCap Validation, 2015)

5.1.1 SmartCap-teknologia

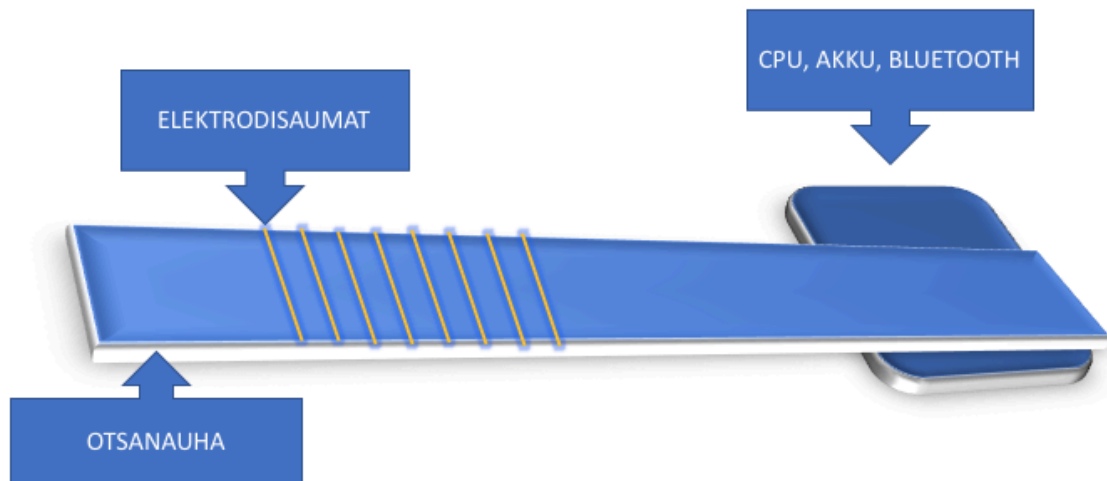
SmartCap teknologian tarkkuutta on testattu muun muassa Monashin yliopistossa Australiassa (Evaluation of the SmartCap technology) Sekä Chilen yliopiston lääketieteellisessä tiedekunnassa (SmartCap Validation). Tutkimusraporteista ilmenee, miten teknologia on testattu ja mikä on saatujen mittaustulosten oikeellisuus.

SmartCap on Australiassa kehitetty tuote, jonka avulla työntekijän vireystilaa pystytään tarkkailemaan aivosähkökäyrän eli EEG:n avulla. SmartCapin taustalla on puettavaan teknologiaan erikoistunut samanniminen, vuonna 2009 perustettu yritys.

SmartCap on pantamainen pään ympärille puettava laite, joka mittaa aivojen sähköisiä toimintoja ja väsymystä ihon pinnalta. Tekniikka on toteutettu sähköä johtavilla langoilla, eikä mittaaminen vaadi ihon lävistämistä tai sähköä johtavuutta parantavaa elektrodigeeliä. SmartCapin tarkoitus on olla osa

työvaatetusta, ja se on puettavissa esimerkiksi yhdessä kypärän tai muun työpäähineen kanssa. Langattoman teknologian ansiosta SmartCap luo hälytyksen, mikäli henkilön aivojen sähköinen toiminta antaa viitteitä uneliaisuudesta. (SmartCap Validation, 2015)

EEG-mittauksessa käytettävät elektrodit on SmartCapissa korvattu tekstiiliin ommelluilla ohuilla saumoilla. Lankana on käytetty korkealaatuista, sähköä tehokkaasti johtavaa metallilankaa.



KUVA 3: SmartCapin rakenne, otsanauhaan ommellut elektrodisaumat sekä prosessori (mukaillen SmartCap validation raportin valokuvista)

5.1.2 Tutkimukset

Uudet teknologiat ja innovaatiot on testattava, jotta niiden käytettävyys ja luotettavuus voidaan todentaa. Seuraavassa esitellään kaksi SmartCap-tutkimusta. Tutkimusraporteista ilmenee, miten teknologia on testattu ja mikä on saatujen mittaustulosten oikeellisuus.

Evaluation of the SmartCap -tutkimus

Monashin yliopisto ja Austin Health & Institute for Breathing and Sleep toteuttivat tutkimuksen SmartCapista laboratorio-olosuhteissa. Testihenkilöiden tajunnan taso jaoteltiin tutkimuksessa viiteen eri tasoon täysin hereillä olemisesta syvään uneen EEG:n perusteella. Yllä olevasta taulukosta (TAULUKKO 1) poiketen testissä huomioitiin vielä kaikkein suurin vireystila taajuudella 40 - 65 hZ. Samalla koehenkilöt suorittivat niin kutsutun OSLERin testin (Oxford Sleep Resistance Test), jonka avulla vireystilan tasoa pystyttiin vertaamaan EEG-tuloksiin.

- Taso 1 – Erittäin vireä
- Taso 2 – Normaali vireys
- Taso 3 – Lievä uneliaisuus, esimerkiksi iltapäivällä tai raskaan aterian jälkeen
- Taso 4 – Uneliaisuus, esiintyy haukottelua, reaktiohitautta ja mikrounia
- Taso 5 – Unessa, ei reagointia ympäristöön (Evaluation of the SmartCap technology)

OSLERin testi on tapa määrittää henkilön vireystilaa vain vähän virikkeitä tarjoavassa monotonisessa ympäristössä. Testin aikana koehenkilö on hämärässä tilassa, ja tehtävänä on seurata 40 minuutin ajanjakson aikana himmeän valon syttymistä. Valo syttyy kolmen sekunnin välein, ja valon syttyessä koehenkilö painaa OSLER-laitteiston painiketta. Mikäli koehenkilö tekee seitsemän peräkkäistä virhettä eikä reagoi valon syttymiseen, testi keskeytetään. Testin tulos arvioidaan Sleep Latency (SL) -arvolla, joka määrittyy testin päättymisen ajankohdalla minuutteina. Jos koehenkilö ei tee kertaakaan testin aikana seitsemää peräkkäistä virhettä, SL-tulos on 40. (Alakuijala, Maasilta & Bachour, 2014) Mikäli koehenkilö jättää reagoimatta neljään tai useampaan valosignaaliin (ohi-signaali) peräkkäin, tulkitaan tämä niin sanotuksi mikrouneksi. (Evaluation of the SmartCap technology)

OSLERin testi on kansainvälisesti käytössä oleva hereilläpysymistutkimus. Trafín ohjeistuksen mukaan Suomessa OSLER-testejä on tehty ammattikuljettajille vuodesta 2016 alkaen. Yhden testipäivän aikana 40 minuutin testi suoritetaan kolmesti. Varsinaisen OSLER-testin lisäksi testaukseen tarkoitettulla laitteistolla voidaan tehdä myös reaktionopeutta mittaavia kymmenen minuutin mittaisia pikatestejä. (Tays, 2016)

Monashin yliopiston testiin osallistui 21 perustervettä koehenkilöä. Tutkimusta edeltävänä yönä koehenkilöt olivat nukkuneet vain neljä tuntia kello 02-06 välisenä aikana. Henkilöt pitivät myös unipäivä-

kirjaa, ja unta seurattiin aktigrafian eli liikeaktiiviteettirekisteröinnin avulla. Kokeessa testihenkilöt suorittivat OSLERin testin, psykomotorista valppautta mittaavia tehtäviä, ajosimulaatiotehtävän ja OSLERin testin toistettuna. (Evaluation of the SmartCap technology)

Tulosten mukaan SmartCap-teknologia tunnistaa hyvin väsymyksen ja uneliaisuuden laboratorio-olosuhteissa. Tulokset arvioitiin käyttämällä ROC-käyräanalyysia (Receiving Operating Characteristics). 40 minuutin OSLERin testin data jaettiin analyysissa minuutin ajanjaksoihin. Ensisijaisessa analyysissa arvioitiin neljän peräkkäisen ohi-signaalin esiintymistä kunkin minuutin tarkastelujaksolla, mikä viittaa EEG:ssa mikrouneen, ja vireysskaalassa tasoon 4. Analyysi erotti hyvin SmartCapin väsymysalgoritmin yhden minuutin ajanjaksoissa sekä silloin, kun vakavaa väsymystä oli havaittavissa että silloin, kun koehenkilö oli valpas ilman väsymystä. Toissijaisessa analyysissa tarkasteltiin sellaisia ajanjaksoja, jolloin neljä tai useampi ohi-signaali eivät esiintyneet peräkkäin. Myös toissijaisessa analyysissa SmartCapin väsymysalgoritmin herkkyys ja tarkkuus olivat hyviä. (Evaluation of the SmartCap technology)

Tutkimustuloksissa on kuitenkin mainittu, että nämä tulokset on saavutettu tarkkaan kontrolloidussa laboratorioympäristössä, jossa ulkopuolisten häiriötekijöiden mahdollinen vaikutus SmartCap-signaalin vahvuuteen on minimoitu. Tutkimusraportissa mainitaan, että nämä rajoitukset on huomioitava SmartCap-laitteen ja väsymysalgoritmin käytössä kenttäolosuhteissa. (Evaluation of the SmartCap technology)

SmartCap Validation -tutkimus

Chilen yliopiston lääketieteellisessä tiedekunnassa on suoritettu myös riippumaton tutkimus (SmartCap validation) SmartCapin toiminnasta ja tuloksista. Tässä testissä tutkijat keskittyivät vertaamaan SmartCap-pannan tuottamia tuloksia lääketieteellisessä käytössä olevaan EEG-dataan. Tutkimuksessa käytettiin siis rinnakkain sekä SmartCap-pannaa että lääketieteelliset standardit täyttävää Alice PDx -elektroenkefalografia. (SmartCap Validation)

Testihenkilöt jaettiin kahteen ryhmään: A ryhmään kuuluivat ne henkilöt, jotka normaalisti nukkuivat yli 7 tuntia yössä, mutta joiden yöuni alkoi vasta klo 24 jälkeen. Ryhmään B kuuluivat ne henkilöt, joilla

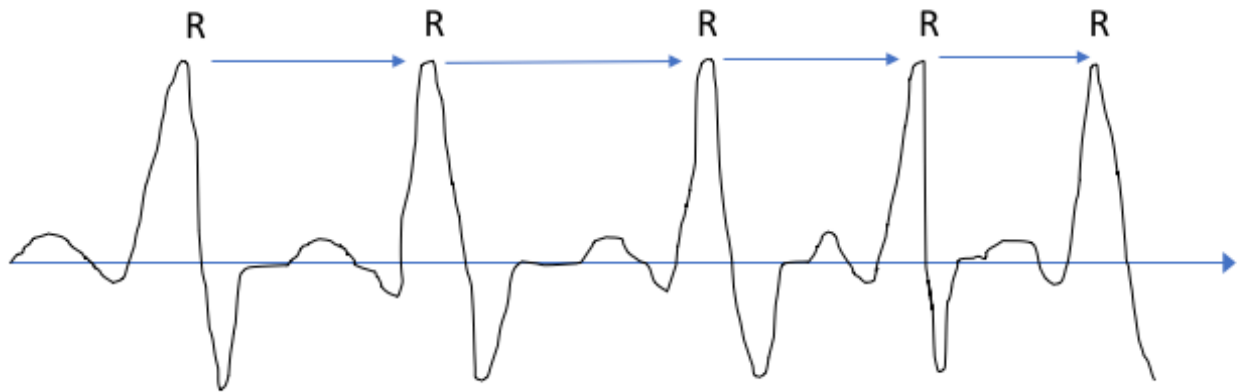
oli univajetta, ja jotka nukkuivat enintään neljä tuntia klo 02 ja 06 välisenä aikana. Testipäivänä molemmille ryhmille suoritettiin tarkkuutta vaativat testit sekä aamulla kello 9-11 ja uudestaan illalla kello 18-20. Näin pystyttiin toteamaan paitsi univajeen vaikutusta reagoitokykyyn, myös sirkadianaisen päivärytmin vaikutusta. Testissä koehenkilö asettui noin metrin päähän 42-tuumaisesta Led-näytöstä. Mustalle taustalle ilmestyi kuvio, joka sattumanvaraisesti muutti väriään vihreäksi. Koehenkilön tuli reagoida värinmuutokseen, ja kokeessa tallentui reaktioaika värin vaihtumisen alkamisajankohdasta koehenkilön reaktioon. (SmartCap Validation)

Testihenkilöt olivat sekä miehiä että naisia, iältään $34,8 \pm 9,3$ vuotta. Ryhmässä A oli kahdeksan testihenkilöä ja verrokkiryhmässä B seitsemän henkilöä. Kaikki mittaukset suoritettiin samanaikaisesti sekä SmartCapin että Alice PDX:n avulla. Testin tarkoituksena oli varmistaa SmartCapin avulla mitatun informaation laatu. Toinen tarkoitus testeillä oli selvittää, kuinka SmartCapin raportoima väsymys ja biologiset terveystekijät korreloivat keskenään. Tulosten perusteella sekä SmartCap että Alice PDX mittasivat lähes samankaltaisia arvoja. Molempien mittausten graafiset kuvaajat noudattivat samankaltaista vaihtelua. Tämän perusteella voitiin päätellä, että SmartCap on validi menetelmä saada tietoa väsymyksen tasosta. (SmartCap Validation)

5.2 Sykevälivaihtelun mittaaminen

Elektrokardiogrammi eli EKG mittaa sydämen sähköistä toimintaa. Sydäimestä johtuu ihon pinnalle pieniä, vain millivolttien suuruisia jännitemuutoksia. Jännitteen suuruus eli amplitudi riippuu sähköimpulsseja synnyttävien lihassolujen määrästä, johon taas vaikuttaa muun muassa sydämen rakenne ja seinämien paksuus. Jännitemuutokset rekisteröimällä saadaan EKG visuaaliseen muotoon tarkempaa analyysia varten. (Leppäluoto yms. 2017, 154)

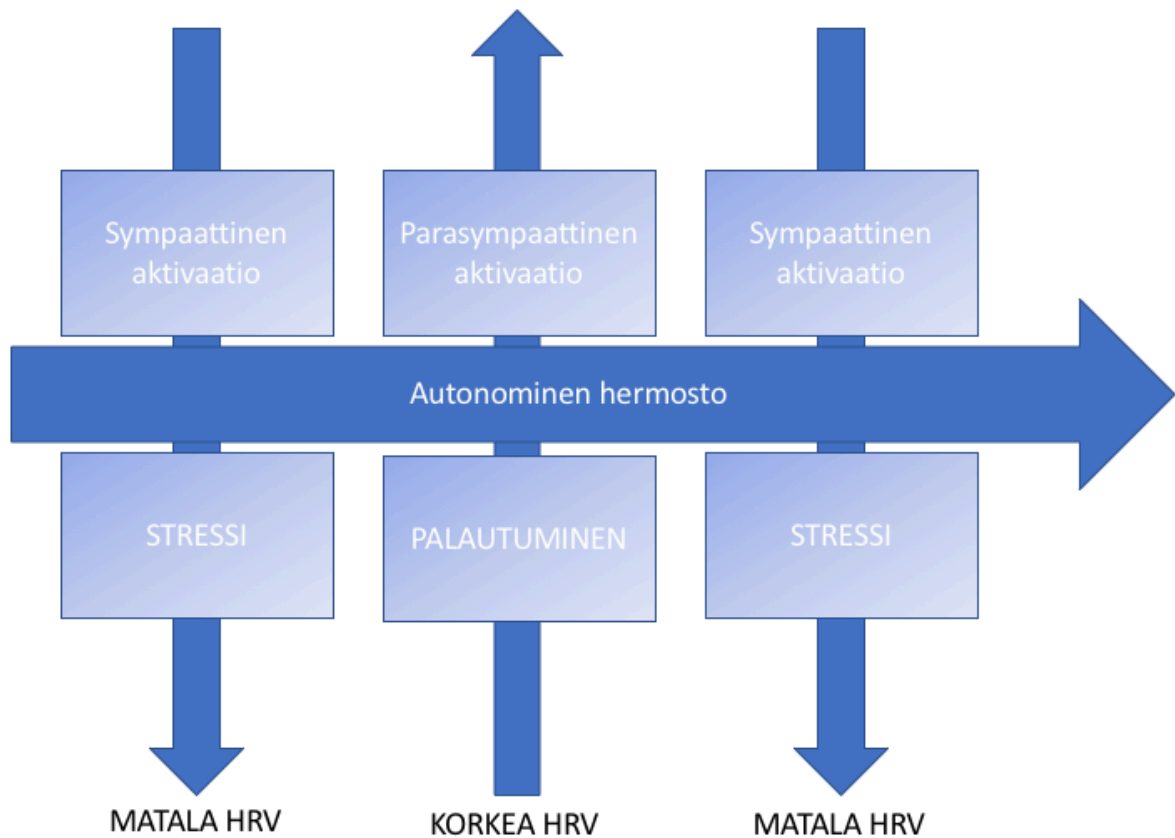
Sydämen toimintajakso koostuu *systolista*, jonka aikana sydän pumpkaa verta eteenpäin, ja *diastolista*, jonka aikana sydän täyttyy verestä. Näiden toimintajaksojen lukumäärää minuutin aikana kutsutaan sykkeeksi (BPM, beats per minute). (Leppäluoto yms. 2017, 157) Vaikka syke kertoo sydämenlyöntien lukumäärän minuutin aikana, niiden kesto saattaa vaihdella. Sykevälivaihtelulla (HRV, heart rate variability) mitataan peräkkäisten sydämenlyöntien välistä ajan vaihtelua. (Polar)



KUVA 4: R-R intervalli EKG-käyrässä, peräkkäisten sydämenlyöntien vaihtelu

Kuvassa 4 R kuvastaa EKG:n huippua, suurinta positiivista poikkeamaa. Huippujen välistä aikaa kutsutaan R-R intervalliksi. HRV-arvo ilmaisee sykkeen vaihtelun keskiarvosykkeestä. Esimerkiksi sykkeen ollessa 60 BPM peräkkäisten sydämenlyöntien ero voi olla 0,5 – 2,0 sekuntia. (Polar)

Sykevälivaihtelun mittaaminen on yleisesti käytössä oleva menetelmä autonomisen hermoston tilaa selvittäessä. R-R intervallit heijastavat suoraan sydän- ja verenkiertoelimistön tasapainoa. Stressi on yhteydessä matalan taajuuden sykevälivaihteluun, eli elimistön sympaattinen stimulaatio on tällöin lisääntynyt. Muutokset, jotka liittyvät psykofyysiseen tilaan ja sydän- ja verisuonijärjestelmän toimintaan voidaan arvioida HRV-analyysillä. Analyysimenetelmät voidaan jakaa muun muassa aika-analyysiin, taajuuden mittaamiseen sekä epälineaarisiin menetelmiin. (Järvelin-Pasanen, yms 2018)



KUVIO 5. Hermoston tila ja HRV

On tiedossa, että ikääntyminen laskee HRV-arvoa. Lisäksi tulokseen vaikuttavat monet yksilölliset tekijät, kuten sukupuoli, yleinen terveydentila, urheilullisuus, perintötekijät sekä hengitysrytmi. Nykytieteologialla HRV-mittaus voidaan suorittaa luotettavasti pitkällä aikavälillä, jopa 24-48 tunnin ajan sekä työssä, vapaa-ajalla että nukkuessa. Vanhemmat tutkimukset on suoritettu terveillä koehenkilöillä laboratorio-olosuhteissa, ja tällöin sykevälivaihtelun yhteys stressiin ja palautumiseen todellisessa ympäristössä on jäänyt selvittämättä. (Järvelin-Pasanen, yms. 2018)

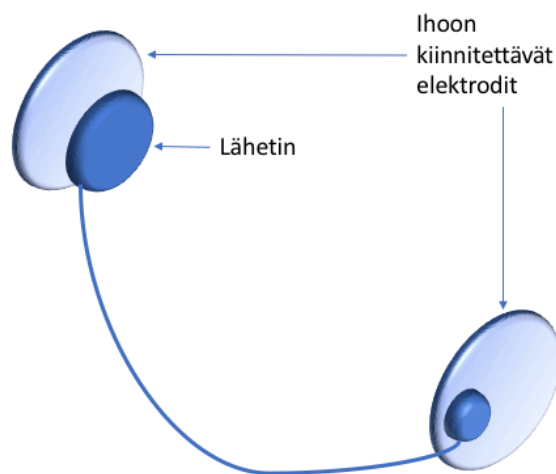
5.2.1 Firstbeat-hyvinvointianalyysi

Vaikka sykevälivaihtelun mittaaminen itsessään on helppoa, sen tulkinta on monimutkaista. Kun sykevälivaihtelu laskee, on aivan perusteltua päätellä, että alentuneeseen HRV-arvoon vaikuttaa stressi tai jokin muu kuormitustekijä. HRV alenee kuitenkin myös sairaana ollessa. On vaikeaa päätellä mistä ar-

von muutos kulloinkin johtuu. HRV:n alenemista aiheuttavat sairauksien ja stressin lisäksi monet yksilölliset tekijät, psyykkinen tila ja elintavat. HRV:sta voidaan seurata useita eri parametreja, mikä lisää hajontaa, mutta kaupalliset toimijat alalla keskittyvät yhteen muuttujaan. (Seppänen, 2012)

Firstbeat on fysiologiaan, matemaattiseen mallinnukseen ja käyttäytymistieteeseen erikoistunut suomalainen innovaatio ja yritys, joka on perustettu vuonna 2002. 2000-luvun alussa Jyväskylän Yliopistossa aloitettiin monitieteellinen hanke, jossa tutkittiin, voidaanko urheilijoille kehitettyjä menetelmiä soveltaa myös työntekijöiden stressin ja palautumisen tutkimiseen. Firstbeat on kehittänyt mittauslaitteistonsa siten, että tarkatkin mittaukset ovat mahdollisia ilman laboratorio-olosuhteita. Mittauksissa kerätty fysiologinen tieto on yhdistetty matemaattisiin malleihin ja algoritmeihin. (Firstbeat)

Ensimmäinen Firstbeatin teknologiaa sisältävä laite, Suunto t6, tuli markkinoille vuonna 2004. Samana vuonna julkaistiin Firstbeatin ensimmäinen hyvinvointianalyysisovellus. Nyt vuonna 2018 yritys työllistää yli 80 henkilöä. Firstbeatin teknologiaa on käytössä kymmenissä eri kuluttajatuotteissa. (Firstbeat)



KUVA 5: Firstbeat-analyysissä käytettävä Bodyguard 2 -mittalaitteen rakenne

Firstbeatin hyvinvointianalyysi toteutetaan kuvan 5 mukaisella mittalaitteella, jossa seurataan sykeväli- vaihtelua vuorokauden ympäri. Mittaus kuvaa, kuinka elimistö reagoi erilaisiin tilanteisiin arjessa, sekä osoittaa yksilöllisiä kuormitustekijöitä. Analyysi kuvaa myös liikunnan vaikutusta, elimistön voimavaroja ja tuo esiin terveyttä ja hyvinvointia parantavia asioita. (Firstbeat)

Firstbeat Technologies Ltd on toteuttanut tutkimuksen stressin ja palautumisen analysointimetoista HRV:n avulla. Tutkimusraportin alussa selvitetään, että stressi on osa normaalia, jokapäiväistä elämää. Fysiologisesti se ilmenee lisääntyneen sympaattisen tai vähentyneen parasympaattisen hermoston aktiivisuutena. Kehon psykologiset ja fysiologiset toiminnot tarvitsevat palautumista säännöllisesti. HRV antaa tarkkaa tietoa autonomisen hermoston toiminnasta. Kyseinen tutkimus toteutettiin 24 tunnin mittauksella koehenkilöiden normaaleissa elinympäristöissä, ei laboratorioissa. Tutkimuksessa tutkittiin HRV:a sellaisenaan, sekä yhdessä hapenkulutuksen ja hengitysnopeuden kanssa. Kokeessa menetelmä tunnisti stressin, kun autonomisen hermoston sympaattinen aktiivisuus oli hallitsevaa. Palautuminen havaittiin, kun parasympaattinen aktiivisuus hallitsi. Lisäksi fyysinen aktiivisuus tunnistettiin hapenkulutuksesta. (Firstbeat Technologies Ltd 2014)

Tutkimusmenetelmä muodosti yksilön fysiologisen mallin digitaalisesti hyödyntämällä sykevälivaihtelua. Jotta mallinnus olisi kokonaisvaltainen, voidaan lisäksi käyttää kehon liikkeitä analyysoivia kiihtyvyyssantureita. Tietoa päivittäisten tehtävien ja toimintojen aikana esiintyvistä stressistä, palautumisesta ja aktiivisuudesta voidaan käyttää terveyden ja hyvinvoinnin tukemiseen. (Firstbeat Technologies Ltd 2014)

5.3 Muita mittausmenetelmiä

Ihmisen elintoimintoja ja vireyttä voidaan mitata lukuisilla muillakin eri menetelmillä ja teknologioilla. Tähän lukuun olen koonnut joitakin ajankohtaisia ja mielenkiintoisia tekniikoita ja niiden toimintaperiaatteita.

5.3.1 Optiset mittausmenetelmät

Fotopletysmografia (FPG) on lääketieteellinen optinen mittausmenetelmä, joka mittaa kapillaari eli hius-suoniston verenvirtauksen muutoksia. Kyseessä on noninvasiivinen mittaustapa, eli ihoa ei lävistetä, eikä mittauksen aikana aiheuteta minkäänlaista häiriötä normaaleille elintoiminnoille. Tämä mahdollistaa useatkin mittaustulokset tuottamatta häiriötä mitattavalle henkilölle. Veren virtaus suonistossa absorboi ja heijastaa valoa, joten FPG-mittaus tapahtuu optisten valosensoreiden avulla. Kun FPG on alimmillaan, veren virtaus on tällöin suurinta. FPG on alimmillaan juuri ennen sydämenlyönnin aiheuttamaa uutta virtausta. Ääreisverenkierto on voimakkainta sormenpäissä ja korvalehdissä, joista mittaus yleensä

toteutetaan. FPG-mittausta voidaan käyttää myös tarkkailemaan anestesian syvyyttä. Kun autonomisen hermoston tila muuttuu, myös FPG-signaalin amplitudi muuttuu, ja henkilön tietoisuuden tila ja vireys voidaan näin ollen havaita. (Kärki 2014, 1-4)

FPG-laitteeseen kuuluu yksinkertaisimmillaan valonlähde, valolle herkkä ilmaisinsuodatin suodattamaan häiriöitä mittaussignaalista, vahvistin vahvistamaan saatua signaalia, sekä näyttö tai muu vastaanotin mittauksen tulkitsemista varten. FPG-anturi voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Anturin valonlähde ja ilmaisinsuodatin voidaan sijoittaa mitattavan kohdan vastakkaisille puolille, jolloin ilmaisinsuodatin mittaa mitauskohteen läpäisevää valoa. Toinen tapa on sijoittaa valonlähde ja ilmaisinsuodatin samalle puolelle mitauskohdetta, jolloin ilmaisinsuodatin mittaa heijastuvaa valoa. (Kärki 2014, 6-7)

Happisaturaatio eli pulssioksimetria ilmaisee veren happikylläisyyden. Happisaturaatio mitataan sormenpäästä niin ikään noninvasiivisesti, eli ihoa ei läpäistä eikä normaaleja elintoimintoja häiritä mittauksen aikana. Mittaustulos ilmoitetaan prosentteina. Normaalin, terveen ihmisen happisaturaatio on 96 % ja mikäli lukema laskee alle 80 %, on kyseessä jo erittäin vakava tila. Pulssioksimetrilaitteessa on kaksi eri aallonpituudella olevaa valoa: punainen ja infrapuna-LED. Näiden kahden valon ja optisten mittausten avulla laite mittaa sekä happisaturaation että sykkeen sormenpäässä havaittavasta ääreisverenkierrosta. (Kärki 2014, 1-4)

Sykettä ja muita kardiovaskulaarisia toimintoja on aikaisemmin mitattu nimenomaan EKG:n avulla, mutta optiset tunnistimet valtaavat alaa markkinoilla. Etenkin kuluttajatuotteissa pienet esimerkiksi sormeen tai ranteeseen sijoitettavat mittausrakenteet valtaavat markkinoita. FPG-sensoreiden tarkkuus on jo samaa tasoa EKG:n tarkkuudesta, kun menetelmää on vertailtu esimerkiksi rinnan ympärille kiinnitettävän sykesensorin kanssa. Erään arvion mukaan FPG-menetelmällä voitaisiin mitata myös verenpainetta, verensokeria ja ihon lämpötilaa. (Sykemittari vaihtaa valoon, 2015)

5.3.2 Elektromyografia

Elektromyografialla (EMG) mitataan lihasaktivaatiota niiden tuottamien sähköimpulssien avulla. EMG:n avulla voidaan selvittää lihasten aktivaatiotasoa, aktivoitumisjärjestystä, lääketieteellisiä poikkeavuuksia, sekä tutkia liikettä. Käsky aktivoida lihas ja tuottaa liikettä lähtee aivoista sähköisenä signaalina. Signaali kulkee aivoista selkäyttimeen ja edelleen keskushermostoon, jossa tietyt ja halutut motoriset

set yksiköt aktivoituvat ja tuottavat halutun liikkeen. EMG-mittaus voidaan toteuttaa sekä neulaelektrodilla, jolloin pystytään mittaamaan yksittäisen lihaksen sisäinen aktivaatio, että pintaelektrodilla, jolla saadaan laajempi kuva koko alueen lihaksiston toiminnasta. EMG on käytössä niin kliinisessä kuin biomekaanisessakin tutkimuksessa. Mittausta käytetään apuna myös urheilulääketieteessä, tasapainotutkimuksessa sekä esimerkiksi urheilijoiden valmennuksessa. (Kaskivirta)

EMG mahdollistaa myös mittaukset puettavan teknologian avulla. Suomessa on toteutettu tutkimus 84 vapaaehtoisen avulla, jossa tutkittiin lihasaktiivisuutta normaalin päivän aikana. Mittaus toteutettiin EMG-sensoreilla varustettujen shortsien avulla. Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää suurten lokomotoristen lihasten aktivaatiota ja inaktivaatiota normaalin päivän aikana 9-13 tuntia kestäneen mittauksen aikana. Lisäksi tutkittiin istumisen vaikutusta lihasten inaktivaatioon sekä sitä kautta kroonisten sairauksien riskiin. (Tikkanen, Pesola, Häkkinen, Rantalainen, Havu, Pullinen & Finni, 2013)

5.3.3 Ihon sähkönjohtavuuden mittaaminen

Ihon sähkönjohtavuus (*electrodermal activity*, EDA; aikaisemmin tunnettu myös nimellä *galvanic skin response*, GSR) mittaa nimensä mukaisesti ihon pinnassa tapahtuvaa sähkönjohtavuutta ja resistiivisyyttä. EDA mittaa ja havaitsee näissä ominaisuuksissa tapahtuvia muutoksia. Stressin aiheuttama hikoilu lisää ihon kosteutta, joka taas edistää sähkönjohtavuutta. Ulkoiset ärsykkeet vaikuttavat vireystilaan ja kehon virittyneisyyteen, kun keho valmistautuu vastaamaan ärsykkeisiin. EDA:n avulla voidaan siis mitata stressitasoa ihon pinnasta erityisten biosensorien avulla. Yleensä elektrodeja on kaksi, jotka lähettävät pienen sähkövirran elimistöön, ja laitteisto siten mittaa ihon sähkönjohtavuutta. (Holsti 2016; Hongell)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tähän opinnäytetyöhön on valittu vain kaksi kaupallista toimijaa vireystilaa mittaavien teknologioiden joukosta. SmartCapin aivosähkökäyrän reaaliaikaiseen tarkkailuun soveltuva mittausteknologia sopii hyvin esimerkiksi työpäivän aikaiseen vireystilan ja uneliaisuuden seurantaan, kun taas Firstbeat hyvinvointianalyysi painottaa enemmänkin sekä työn että vapaa-ajan yhteiskuormitusta, ja auttaa tunnistamaan, kuinka toimia vapaa-ajallaan niin, että palautuminen työstä olisi optimaalista. Puhelinkeskustelussa Ahola Transportin kehitysjohtaja Mika Sorviston kanssa tuli esiin kaksi seikkaa: jatkuvan mittauksen on oltava projektiluontoista ja aina vapaaehtoisuuteen perustuvaa. Jatkuva vireystilan seuranta esimerkiksi ajoneuvossa tulee lähiaikoinakin olemaan todennäköisesti ajoneuvoihin kiinteästi asennettuihin toimintoihin perustuvaa.

Tutkimustulosten perusteella SmartCapin EEG-tulokset ovat riittävän luotettavia ja käyttökelpoisia työympäristössä. Ilmeisesti laitteisto aiheuttaa herkemmin virrehälytyksiä silloin, kun koettu vireystila ei vielä ole laskenut. Firstbeat sen sijaan mittaa vuorokauden aikana ilmenevää aktiviteettiä, stressitekijöitä ja palautumista. Yhdessä päiväkirjan kanssa koehenkilö voi havainnoida mitkä päivän toimet edesauttavat palautumista ja mitkä taas aiheuttavat stressiä ja kuormitusta.

Liian paljon hyviä ja relevantteja mittausmenetelmiä jouduttiin jättämään tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Esimerkiksi ajoneuvoihin kiinteästi asennetut ajovireyden seurantajärjestelmät ovat olleen osa markkinoilla olevia automalleja jo muutaman vuoden. Jopa oman talouteni henkilöautossa on kaistavahti, vireystilan seuranta ja kahvikupin kuva tarvittaessa ja ajokäyttäytymisen yhteydestä vireystilaan ja siihen sovellettavasta teknologiasta saadaan jatkuvasti lisää tietoa.

Muihin menetelmiin perustuvat sovellukset (luku 7) olisivat nekin ansainneet omat lukunsa. Lisäksi erilaisia biosignaaleja on lukuisia lisää. Lähitulevaisuudessa varmasti selvinnee, miten esimerkiksi veren glukoositasoa pystytään luotettavasti mittaamaan noninvasiivisella menetelmällä. Diabeteskoirat pystyvät aistimaan verensokeritason vaihtelut hajuaistinsa perusteella, löydetäänkö vastaavaan tarkoitukseen ratkaisua teknologiasta? Voidaanko verensokeritason arvoja hyödyntää myös perusterveille henkilöille työvireyden optimoimiseksi, kun teknologiat on ensin kehitetty ja tutkittu sairauden hoitamiseksi?

Lihaskäytävyyden mittaaminen eli EMG, jäi myös liian vähälle huomiolle. EMG antaa loistavat mahdollisuudet puettavan teknologian kehittämiseen elintoimintoja tai ihoa ärsyttämättömän pintaelektrodiominaisuutensa ansiosta. Tämän työn osalta jäi selvittämättä, ilmeneekö henkilön vireystilan taso myös lihaskäytävyydessä. Tämän päätelmän tein siitä syystä, että silmänliikkeitä havainnoivat kamerat havaitsevat silmänliikkeiden hidastumista vireystilan alentuessa. Kuljettajan ajokäyttäytymistä havainnoivat integroidut tunnistusjärjestelmät autoissa reagoivat esimerkiksi liian pitkään aikaa ilman ohjausliikkeitä.

Tutkimusta tehdessäni lähestyin aihetta kolmesta eri näkökulmasta, ja löysin vastauksia alussa esittämiini kysymyksiin. Mitä ihmisen elimistössä tapahtuu vireystilan muuttuessa? – Vireystila on monimutkainen kokonaisuus fysiologiaa, psykologiaa ja korkean tason aivot toimintoja. Tärkeässä roolissa vireystilan kannalta ovat hermoston toiminta, hormonitoiminta ja elintavat, joihin liittyy uni ja palautuminen, ravinto, liikunta, tekemämme työ ja mielentila. Miten teknologia toimii ja mitä se mittaa? – Valitsemani teknologiat lähempää tarkastelua varten ovat molemmat kaupallisesti toimivia tuotteita. Sekä SmartCap että Firsbeat-hyvinvointianalyysi ovat esimerkkejä siitä, miten aikaisemmin lähinnä kliinisessä tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä on teknologian kehittymisen ja komponenttien pienentymisen ansiosta pystytty soveltamaan myös kenttätutkimaan, tuomaan pois laboratorioympäristöstä. Miten mittaustulosten validiteetti on selvitetty ja kuinka teknologiaa on testattu? – Molempien valittujen menetelmien toimivuutta ja validiteettia on selvitetty lukuisilla tutkimuksilla. Lähdeaineistoa valitessani silmäilin muutamia eri tahojen toteuttamia tutkimuksia, joista valitsin tässä opinnäyttyössä mainitsemani tutkimukset. Tutkimuksia on toteutettu laboratorio-olosuhteissa, jolloin on pystytty vertailemaan saatua mittaustulosta vastaavien kliinisessä käytössä olevien mittauslaitteistojen kanssa. Saatut tulokset laitteiston tarkkuudesta vaikuttavat tällä menetelmällä saatuna luotettavilta. Lisäksi tutkimuksia on toteutettu autenttisissa olosuhteissa vapaaehtoisten kokeeseen osallistuvien henkilöiden normaalissa elinympäristössä. Kenttätutkimuksesta saatujen tulosten perusteella mittausalgoritmeissa ja data-analyysissä on pystytty huomioimaan myös ylimääräinen kohina ja ympäristön häiriötekijät.

7 LOPUKSI

Opinnäytetyöprosessin ja kirjoitustyön aikana, ja jo ennen sitä, olen havainnoinut paljon itseäni ja omaa tapaani oppia, työskennellä ja palautua. Olen tehnyt merkittäviä havaintoja omasta vireydestäni, ja saanut työkaluja parempaan tekemiseen nyt ja tulevaisuudessa. Olen vireimmilläni aamusta, herään aikaisin ja saan asioita tehtyä. Olen aina pitänyt huomattavaa ajoväsymystä, ja välttelen pitkiä auto-matkoja. Mutta kun ajomatka ajoittuu aamun varhaisille tunneille jo auringonnousun aikaa, vireys on hyvä ja mieli on valpas. Rauhallisella äänellä luettujen äänikirjojen kuunteleminen laskee sydämen sykettä ja rauhoittaa, mutta tarinan seuraaminen pitää mielen virkeänä.

Koko opinnäytetyöprosessin ajan ajatukseni pyrkivät käsitteisiin itsensä johtaminen, itseohjautuvuus ja motivaatio. Vaikka olenkin aihetta käsitellyt vain viitteellisesti luvussa 4, ansaitsisi aihe kokonaan omaa tutkimustaan ja perehtymistään. Kuinka sitoutunut työntekijä voi olla työhönsä? Kuinka paljon työ ja työvire määrittelee yksilön toimintaa vapaa-ajalla? Kuinka saada työntekijä motivoitua sellaiseen tapaan elää ja toimia, että se tukee kaikkien toimintojen optimointia sekä työssä että vapaa-ajalla?

Hyvin aikaisessa vaiheessa opinnäytetyöprosessia kävi selväksi, että vireystilan mittaaminen on aiheena liian laaja ja monitieteellinen, etenkin insinöörityön mittakaavassa. Rajoja oli vedettävä pitkin matkaa, paljon mielenkiintoista, innostavaa ja tärkeääkin tietoa jätettävä ulkopuolelle, ja silti työstä tuli laajempi kuin alun perin oli tarkoitus. Lähdeaineiston määrä yllätti ja hämmensi, mutta on selitettävissä sillä, että työni käsittelee sekä fysiologiaa, psykologiaa, monitieteellistä tutkimusta että kaikkia eri vireystilan osa-alueita.

Opinnäytetyöprosessi itsessään oli kestostaan huolimatta tiivis. Työskentelen parhaiten ja tehokkaimmin äärimmäisen paineen alla, joten olen saanut omakohtaista tuntumaa myös opinnäytetyössäni käsittelemäni aiheisiin, stressiin ja palautumisen tärkeyteen. Opinnäytetyön suunnittelu alkoi jo helmikuussa 2017. Prosessoin aihetta ja muotoilin työtä mielessäni. Ensimmäiset kirjoitukset tein jo keväällä 2017, mutta ammatillisia mahdollisuuksia avaava kesätyö vei mukanaan samana vuonna. Toden teolla kirjoitusprosessi kesti toukokuusta kesäkuuhun vuonna 2018, eikä näin ollen ollut kuin muutaman viikon pituinen. Kuitenkin tämän lähes puolentoista vuoden aikana olen sisäistänyt aiheeni niin perusteellisesti, että vaikka suuntaviivat välillä muuttuivat, otsikoita muutettiin vastaamaan paremmin työn tarkoitusta, ja fokuksa tarkennettiin, olen koko prosessin ajan ollut selvillä siitä mitä teen ja mitä haluan tehdä. Se, että työni aihe on ollut erittäin kiinteästi osa henkilökohtaisia mielenkiinnon kohteitani, on ollut sekä etu että rasite. Etua on ollut siitä, että aihe on jaksanut innostaa kerta toisensa jälkeen ja motivaatio

aiheen tutkimiseen on itsestäni lähtöisin. Rasitteeksi taas aiheen koen sikäli, että prosessiin liittyy erityäin vahva tunnelataus: henkilökohtaiset tavoitteet ovat saavuttamattomissa, eikä opinnäytetyöhön kuuluva laajuus vastannut sitä laajuutta, jonka omasta mielestäni näin mielenkiintoinen aihe ansaitsisi.

LÄHTEET

- Ahonen, G. 2010. Työkyvyn taloudellinen merkitys. Teoksessa Martimo, K-P., Antti-Poika, M., & Uitti, J. (toim.). Työstä terveyttä. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Alakuijala, A., Maasilta, P., & Bachour, A. 2014. The Oxford Sleep Resistance test (OSLER) and the Multiple Unprepared Reaction Time Test (MURT) Detect Vigilance Modifications in Sleep Apnea Patients. *Journal of Clinical Sleep Medicine: JCSM : Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 10(10), 1075–1082. Saatavissa: <http://doi.org/10.5664/jcsm.4104> Viitattu 14.6.2018
- Aro, A., Mutanen, M. & Uusitupa, M. 2012. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Cirillo, F. 2006. The Pomodoro Technique. San Francisco: Creative Commons.
- Evaluation of the SmartCap technology. Monash University, Australia. Saatavissa: <http://www.smartcaptech.com/wp-content/uploads/Monash-Fatigue-Assessment-full.pdf>
- Firstbeat.com. Saatavissa <https://www.firstbeat.com/fi/> Viitattu 23.6.2018
- Firstbeat Technologies Ltd. 2014. Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability - Firstbeat White Paper. Saatavissa: https://assets.firstbeat.com/firstbeat/uploads/2015/11/Stress-and-recovery_white-paper_20145.pdf Viitattu 23.6.2018
- Haglund, B., Huupponen, T., Hakala-Lahtinen, P. & Ventola, A-L. 2010. Ihmisen ravitsemus. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Hietala, J. & Jämsä-Väyrynen, T. 2014. Työikäisen uni ja unettomuuden lääkkeetön hoito – Koulutus-tilaisuus terveydenhoitajille. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Holsti, P. 2016. Stress Monitoring via Wearable Electrodermal Sensors. Master's Thesis. Turku: University of Turku.
- Hongell, E. Ihon sähkönjohtavuus. Saatavissa: http://users.jyu.fi/~peltsi/ali/opetus/hyvo-tek/LBIA020_raportit.htm#_Toc272841385 Viitattu: 21.6.2018
- Hyypä, M. & Kronholm, E. 1998. Uni ja Vire. Turku: Kansaneläkelaitos. 38-45.
- Isihanni, J. 2017. Henkilökohtainen tiedonanto. 21.11.2017
- Jaakkola, K. 2012. Hormonitasapaino – Opas energiseen elämään. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Järvelin-Pasanen, S., Sinikallio, S. & Tarvainen, M. 2018. Heart rate variability and occupational stress – systematic review. Kuopio: University of Eastern Finland.
- Kallio, L & Niemi, J. 2017. The Human Experiment; Vireystila ja siihen vaikuttaminen – soluessee. Saatavissa <http://essee pankki.proakatemia.fi/the-human-experiment-vireystila-ja-siihen-vaikuttaminen-soluessee/>. Viitattu 10.11.2017.

Kaskivirta, V. Elektromyografia (EMG). Saatavissa: http://users.jyu.fi/~peltsi/ali/opetus/hyvo-tek/LBIA020_raportit.htm#_Toc272841385 Viitattu: 21.6.2018

Kasvio, A. 2010. Suomalaisen työelämän muutokset työterveyden näkökulmasta. Teoksessa Martimo, K-P., Antti-Poika, M., & Uitti, J. (toim.) Työstä terveyttä. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Karjalainen, A., & Vainio, H. 2010. Katsaus suomalaisten työterveyteen. Teoksessa Martimo, K-P., Antti-Poika, M., & Uitti, J. 2010. Työstä terveyttä. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

kip.fi Kokkola Industrial Park. Saatavissa <https://www.kip.fi> Viitattu 15.6.2018

Kärki, T. 2014. Fotopletysmografiasignaali ja sen käsittely. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kärmeniemi, P., Reiman, A., Nyberg, M., Lindström, K., Nevala, N., Väyrynen, S. 2012. Ammattikuljettajan työhyvinvointi - turvallinen ja ergonominen työpäivä. Opettajan opas. Koulutus ja tiedotusmateriaali kuljettajien ammattipätevyyskoulutukseen. Työterveyslaitos.

Launis, M. & Lehtelä, J. 2011. Ergonomia. Tampere: Työterveyslaitos.

Launis, M. & Louhevaara, V. 2011. Voimat, asennot ja liikkeet. Teoksessa Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) Ergonomia. Tampere: Työterveyslaitos.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2017. Anatomia ja fysiologia – Rakenteesta toimintaan. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Liimatainen, H., Nykänen, L., Hyytinen, T. & Vasara, J. 2014. Tieliikenteen tavarankuljetusyritysten vastuullisuusmalli – kokeilututkimus. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi.

Lång, J. 2017. Henkilökohtainen tiedonanto. 20.11.2017.

Miller, G. 1956. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for progressing information. Psychological review 63 (2): 81-97

Partinen, M. 2012. Väsymys, väsymys ja suorituskyky. Lääkärikirja Duodecim. Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01007 Viitattu 17.5.2018

Partinen M. 2004 Väsymys ja nukahtaminen kuolemaan johtaneissa liikenneonnettomuuksissa. Liikennevakuutuskeskus. VALT. Rinnekodin tutkimuskeskus

Peltomaa, H. 2015. Stressi, palautuminen ja hyvinvointi: Ihmisen mahdollisuudet vaikuttaa kehon- ja mielentilaan. Vantaa: Opintoverkko Oy.

Polar. Sykevälivaihtelu (HRV). Saatavissa https://support.polar.com/fi/tuki/Sykevalivaihtelu_HRV Viitattu 20.6.2018

Rohmert, W. & Rutenfranz, J. 1983. Praktische Arbeitsphysiologie. 3. uudistettu painos. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

Saarijärvi, P. 2015. Väsymys työelämässä - riskit ja hallinta. Tartto, Viro: Neiroi-kustannus. 22-23.

Seppälä, P. 2011. Vireystila, stressi ja monotonia. Teoksessa Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) Ergonomia. Tampere: Työterveyslaitos. 103-109.

Seppänen, A. 2012. Sykevälien mittaaminen on helppoa, tulkinta vaikeaa. Lääkärilehti. Julkaistu 10.5.2012. Saatavissa <http://www.laakarilehti.fi/ajassa/ajankohtaista/sykevalien-mittaus-8232-on-helppoa-tulkinta-vaikeaa/> Viitattu 21.6.2018

SmartCap validation – Independent assessment from Universidad de Chile. 2015. Saatavissa: <http://www.smartcaptech.com/wp-content/uploads/SmartCap-Field-Validation-UdC.pdf> . Viitattu 29.5.2018

Sorvisto, M. 2018. Henkilökohtainen tiedonanto 21.6.2018

Sovijärvi, O., Arina, T. & Halmetoja, J. 2017. Biohakkerin käsikirja. Helsinki: Biohacker Center BHC Oy.

Sykemittari vaihtaa valoon. 2015. Etn.fi Saatavissa: <http://etn.fi/index.php/13-news/3383-sykemittari-vaihtaa-valoon> Viitattu 21.6.2018

Syrjänen, V-M. 2013. Ajo- ja lepoaikojen noudattaminen ja työturvallisuuden vaarojen tunnistaminen kuljetusyrityksissä. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Takala, E-P. 2010. Työ ja liikuntaelimistö. Teoksessa Martimo, K-P., Antti-Poika, M., & Uitti, J. 2010. Työstä terveyttä. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Tays. 2016. Taysin unipoliklinikka aloitti kuljettajien hereilläpysymistutkimukset. 2016. Saatavissa [https://www.tays.fi/fi-FI/Taysin_unipoliklinikka_aloitti_kuljettaj\(60597\)](https://www.tays.fi/fi-FI/Taysin_unipoliklinikka_aloitti_kuljettaj(60597)) Viitattu 14.6.2018

Tikkanen, O., Haakana, P., Pesola, A. J., Häkkinen, K., Rantalainen, T., Havu, M., Pullinen, T. & Finni, T. 2013. Muscle Activity and Inactivity Periods during Normal Daily Life. Saatavissa: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0052228> Viitattu 21.6.2018

Toivanen, L. 2017. BILINE Use Cases. Centria TKI. Julkaistu 20.6.2017. Saatavissa: <http://projekti.centria.fi/data/liitteet/36ce44f328a746f1be1292276ebb840a.pdf> Viitattu 16.10.2017

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016. Digitaalisia turvallisuusratkaisuja Kokkolan suurteollisuusalueelle. Saatavissa: <http://www.rakennerahastot.fi/web/pohjois-suomen-suuralue/biline-hanke> Viitattu 15.6.2018

Työterveyslaitos. Uni ja palautuminen. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/tyontekija/uni-ja-palautuminen/> Viitattu 10.11.2017.

Uitti, J. & Antti-Poika, M. 2010. Työhön liittyvät kemialliset, fysikaaliset ja biologiset altisteet. Teoksessa Martimo, K-P., Antti-Poika, M., & Uitti, J. (toim.) Työstä terveyttä. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

UKK-Instituutti. Liikunnan vaikutukset. Saatavissa: http://www.ukkinstituutti.fi/tietoa_terveysliikunnasta/liikunnan_vaiikutukset Viitattu 16.5.2018

Väänänen, T. 2010. Maantieliikenteen kuljettajien koettu työkyky, vireys ja uni. Pro gradu -tutkielma. Tampere: Tampereen yliopisto, Terveystieteen laitos.

Ylätalo, S. 2014. Psykofysiologiset mittarit laatustatukseltaan erilaisten kuluttajatuotteiden arvioinnissa. Insinööritö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu.

